

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

На правах рукопису
УДК 519.68; 005.334; 007.51/.52

До захисту допущено
В. о. завідувача кафедри ММСА
О.Л.Тимощук
«___» _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 124 Системний аналіз
на тему: «Система підтримки прийняття рішень для аналізу ринкових фінансових ризиків»

Виконала:

студентка II курсу, групи КА-72 мн
Шаріпова Марія Костянтинівна

Керівник: Професор кафедри ММСА
д. т. н., проф. Бідюк П. І.

Рецензент: завідувач кафедри
автоматики і управління в технічних системах
КПІ ім. І. Сікорського
д.т.н., проф. С. Ф. Теленик

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань
Студентка _____

Київ
2019

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 81с., 4 рис., 25 табл., 1 додаток, 28 джерел.

Об'єкт дослідження – фінансові ринкові ризики.

Предмет дослідження – математичні моделі і методи опису фінансових ризиків, оцінювання та аналізу якості побудованих моделей та прогнозів, моделі та методи оцінювання ринкових ризиків, а також методи перевірки якості оцінок ризику.

Методи дослідження – теорія моделювання і прогнозування, регресійний аналіз, статистичні методи.

Метою роботи є побудова системи підтримки прийняття рішень для фінансових активів в умовах ринкових ризиків.

В роботі проведено огляд основних підходів до оцінювання ринкових ризиків, розглянуто та проаналізовано метод оцінки Value-at-Risk та Expected Shortfall, застосовані методи перевірки якості даних оцінок. Також проведений огляд моделей та їх особливостей для опису динаміки волатильності та її прогнозування. Було проаналізовано результати моделювання та оцінювання задля обґрунтованого вибору найкращої моделі для оцінки ринкових ризиків з подальшим її використанням в системі підтримки прийняття рішень.

Моделювання й прогнозування фінансово-економічних процесів на базі авторегресійних умовно гетероскедастичних моделей та для оцінювання ризикової вартості за їх допомогою реалізовано на мові програмування Python. Наведено приклади застосування програми на реальних фінансових даних. Розглянуто шляхи можливого подальшого вдосконалення системи.

ВОЛАТИЛЬНІСТЬ, ПРОГНОЗУВАННЯ, РИНКОВИЙ РИЗИК, ПРОГНОЗУВАННЯ, VALUE-AT- RISK, EXPECTED SHORTFALL, СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.

ABSTRACT

Master's thesis: 81 p., 4 fig., 25 tab., 1 application, 28 sources.

Object of study – financial market risks.

Subject of investigation - mathematical models and methods for describing financial risks, evaluating and analyzing the quality of the models and forecasts, models and methods for estimation of market risk, and methods for backtesting of risk estimates.

Methods - Theory of modeling and forecasting, regression analysis, statistical methods.

The aim is to build decision support system for financial processes.

In this paper, it is reviewed of the main approaches to market risk estimation, reviewed and analyzed the method for estimating Value-at—Risk and Expected Shortfall and applied innovative methods for verifying the quality of these estimates. Also reviewed models and their features to describe the dynamics of volatility and its forecasting. Results of modeling, forecasting and evaluation were analyzed for selecting the best model for market risks estimation.

Modeling and forecasting of financial and economic processes on the basis of autoregressive conditionally heteroscedastic models and estimating the risk with their help are implemented in the programming language Python. Examples of application on real financial data are given. The ways of possible further improvement of the system are considered.

AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL, DECISION SUPPORT SYSTEM, EXPECTED SHORTFALL FORECASTING, MARKET RISK, VALUE-AT-RISK, VOLATILITY.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ЗАДАЧІ МЕНЕДЖМЕНТУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ.....	13
1.1 Актуальність задачі менеджменту ринкових ризиків.....	13
1.1.1 Актуальність управління фінансовими ризиками	13
1.1.2 Характеристика ринкових ризиків	15
1.2 Сучасні моделі і методи аналізу ринкових фінансових ризиків.....	18
1.3 Інуючі системи для моделювання та оцінювання фінансових ризиків ..	21
1.3.1 Модель “Вартість під ризиком”	22
1.3.2 Модель “Очікуваних втрат”	24
Висновки до розділу.....	24
РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТА РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ.....	27
2.1 Моделі ринкових ризиків для СППР	27
2.2 Формалізований опис ринкового ризику у динаміці	31
Висновки до розділу.....	35
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЕКСПЕРЕМЕНТІВ	37
3.1 Функціональна схема алгоритму	37
3.2 Вхідні дані.....	39
3.3 Результати прогнозування та оцінювання	42
Висновки до розділу.....	46
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	48
4.1 Інформаційна карта проекту.....	48
4.2 Команда стартап-проекту	49
4.3 Бізнес-модель Canvas	50
4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	54
4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	63
4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	67
Висновки до розділу.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74
ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ	77

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

- АКФ – автокореляційна функція;
- АР – авторегресія;
- АРКС – авторегресія з ковзним середнім;
- АРУГ – авторегресійна умовна гетероскедастичність
- ЕУАРУГ – експоненційна узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність;
- КС – ковзне середнє;
- ММП – метод максимальної правдоподібності;
- МНК – метод найменших квадратів;
- ПП – програмний продукт;
- АСПП – середня абсолютна похибка в процентах;
- СКП – сума квадратів похибок;
- СПП – середня похибка в процентах;
- СППР – система підтримки прийняття рішень;
- ЧАКФ – часткова автокореляційна функція;
- AIC – Akaike info criterion (інформаційний критерій Акайке);
- ARCH – Autoregressive Conditionally Heteroscedastic (авторегресійна умовна гетероскедастичність);
- BSC – Bias-Schwarz criterion (критерій Байєса-Шварца);
- EGARCH – Exponential generalized autoregressive conditional heteroscedastic (експоненційна узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність);
- ES – Expected Shortfall (очікуваний дефіцит)
- GARCH – Generalised Autoregressive Conditionally Heteroscedastic (узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність);
- GJR – Glosten-Jagannathan-Runkle (Глостен-Джаганнатан-Ранкл);
- MAPE – mean absolute percent error (середня абсолютна похибка в процентах);
- MPE – mean percent error (середня похибка в процентах);

U – коефіцієнт нерівності Тейла;

VaR – Value at Risk (вартість під ризиком)

ВСТУП

Епізоди фінансової нестабільності є добре задокументованим фактом економічної історії, як світовій так і нашої країни. Це, у поєднанні з численними системними та несистемними банківськими кризами на міжнародному рівні, свідчить про те, що фінансові установи, і особливо банки, працюють у середовищі з високим ризиком. Як і слід було очікувати, ця ситуація не уникнула уваги промисловості та регуляторного органу. Вже на ранніх стадіях з'явилися певні форми регулювання та організаційні прийоми обережності⁶. Потім, з початку 1970-х років, умови для міжнародної індустрії фінансових послуг почали дедалі швидше змінюватися. До кінця Другої світової війни “золотий вік капіталізму” визначалися економічні домовленості того періоду, наприклад, найбільш помітна Бреттон-Вудська система прив'язаних валютних курсів. Ключові економічні змінні, включаючи темпи економічного зростання (які помітно зменшилися в розвинених країнах), курси валют, темпи інфляції та процентні ставки почали демонструвати значно вищу волатильність.

Отже, (фінансові) ринки ставали все більш складними, невизначеними. Відповідно, нові, похідні, фінансові інструменти (ф'ючерси, опціони, свопи тощо) були запроваджені для кращого сприяння управлінню ризиками. На сьогодні розміри ринків деривативів величезні, як і їхня роль в управлінні ризиками, і як джерело ризику. По суті, як ширші інституційні та економічні зміни, так і реакція фінансової індустрії на них значною мірою додаткової складності та непрозорості фінансової системи. Нові похідні інструменти з нелінійними профілями окупності створюють ризики роздуття, ускладнюючи нагляд за ризиками з боку вищого керівництва та регулюючих органів. Ряд послідовних розгорів у 1990-х роках привели до того, що питання управління фінансовими ризиками чітко перейшло на перше місце як у керівництві, так і до уваги регуляторних органів.

Передбачається, що ризики управління фінансовими ризиками мають різні форми.

Безліч проведених досліджень виявили цілий ряд специфічних особливостей часових рядів прибутковості фінансових активів і їх волатильності – відсутність автокореляції, лептокуртозис (високі піки і товсті хвости розподілу), довгострокова пам'ять, кластеризації волатильності, умовну гетероскедастичності, ефект «важеля» та інші.

Діяльність кожної фінансової установи, незалежно від форми власності, пов'язана зі збільшенням власної ефективності, на що неодмінно впливає обґрунтованість на правильність прийнятих рішень. Для забезпечення цього, суб'єкту ринку необхідно вміти враховувати усі можливі фінансові ризики, тобто оцінювати ступінь цих ризиків, межі, за які варто не виходити, правильно їх аналізувати та інтерпритувати. Найбільшою проблемою для фінансових установ може стати ризик, спричинений постійними випадковими змінами цін на ставки процентів, на курс валют та інших показників фінансового ринку. Даний ризик називають ринковим ризиком, що описує причину його виникнення. Для оцінювання ризику існує багато різноманітних технологій, наприклад: VaR (Value-at-risk), ES (Expected Shortfall), CaR (Capital-at-Risk), Maximum Loss та інші. Оцінки VaR та споріднена з нею ES здобули найбільшого використання. По-перше, дані методології прості у застосуванні та інтуїтивно зрозумілі, бо ґрунтуються на розрахунку можливих втрат; по-друге, стандарти міжнародних організації визнають їх та рекомендують до застосування для ведення ризик-менеджменту фінансових організацій.

Фінансовий ринок України наразі є нестабільним, тому реагувати на зміни ринкових показників вдається не швидко та не завжди вчасно. Це впливає на те, що багато моделей, що засновані на нормальному законі розподілу, не можуть бути застосовані для українського фінансового ринку так як дають значні похибки у результатах при прогнозуванні зміни цін фінансових показників. Саме це є основною проблемою щодо практичної застосованості звичайних методів для оцінювання VaR та ES, тому потребує використання більш сильних гнучких

та сучасних підходів, технологій та статистичних методів. У роботі пропонується застосування застосування методологій VaR та ES на основі поширеного класу фінансово-економічних процесів зі змінною у часі дисперсією, які більш характерні для нестійкої перехідної економіки.

Отже об'єктом дослідження є фінансові ринкові ризики.

Предмет дослідження – математичні моделі і методи опису фінансових ризиків, оцінювання та аналізу якості побудованих моделей та прогнозів, моделі та методи оцінювання ринкових ризиків, а також методи перевірки якості оцінок ризику.

Методи дослідження – теорія моделювання і прогнозування, регресійний аналіз, статистичні методи.

Метою роботи є побудова системи підтримки прийняття рішень для фінансових активів в умовах ринкових ризиків за рахунок пошуку адекватних моделей процесів з умовною гетоскедастичністю для оцінювання та прогнозування ринкових ризиків за їх допомоги. Також, порівняльний аналіз використання сучасних методів оцінювання ринкового ризику за методологією Value-at-Risk (VaR) та Expected Shortfall (ES) на даних показників фондових індексів, валідація отриманих результатів прогнозування оцінок ризику на основі гетероскедастичних моделей.

Актуальність теми даної роботи пов'язана з необхідністю прогнозування фінансово-економічних процесів для прийняття обґрунтованих рішень дуже часто пов'язана із дослідженням гетероскедастичних процесів. Спектр використання прогнозування дисперсії широкий, він включає як операції на біржі, так і менеджмент ринкових ризиків та інвестування. Саме тому проведена робота та проаналізовані результати є практичними та прикладними у сучасній фінансовій сфері.

У першому розділі розглянуто основні теоретичні та практичні аспекти ризик-менеджменту, особлива увага приділяється управлінню ринковими ризиками, вимогам до їх оцінки міжнародними наглядовими органами, а також різним методам до їх управління.

У другому розділі дано теоретичне підґрунтя та визначення показника оцінки ризику VaR та ES, коротко розглянуті методи оцінки ринкового ризику за методологією VaR, вимоги до визначення адекватності моделей оцінки ризиків міжнародними наглядовими органами. Також проведено огляд математичних моделей нестационарних гетероскедастичних процесів для оцінювання і прогнозування ринкових ризиків, шляхи перевірки даних на наявність гетероскедастичності.

Третій розділ присвячено практичній реалізації отриманих результатів. Було проведено детальний аналіз побудови адекватних моделей для опису фінансових інструментів із наявною гетероскедастичністю, оцінку ризику за цими моделями та порівняння результатів застосування цих моделей для оцінювання та прогнозування.

Четвертий розділ стосується розробки стартап-проекту на основі проаналізованих та отриманих результатів. У висновку сформульовано основні підсумки даної роботи та наведено пропозиції щодо подальшого розвитку.

РОЗДІЛ 1 ЗАДАЧІ МЕНЕДЖМЕНТУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ

1.1 Актуальність задачі менеджменту ринкових ризиків

1.1.1 Актуальність управління фінансовими ризиками

Фінансові ризики різних типів виникають в наслідок функціонування фінансових структур. Тому важливо регулювання прийняття управлінських рішень, що наразі є важливою задачею фінансової практики та теорії. Загалом фінансовими установами ризик розглядається як подія, що веде до негативних наслідків: невиправданих витрат або отримання прибутку в неповному обсязі.

Всі фінансові рішення характеризуються ризиками. Відповідно необхідно зменшити вплив негативних факторів шляхом відповідних інструментів. Зважаючи на глобалізацію фінансових ринків та все більше впровадження міжнародних стандартів питання побудови адекватної системи ризик-менеджменту наразі гостро стоїть в сучасному фінансовому середовищі. Необхідно також обґрунтувати шляхи їх мінімізації та оптимізації з урахуванням історичних даних. Для цього все більше і більше використовують системи підтримки прийняття рішень що вдосконалює процеси управління ризиками.

Фінансові ризики поділяються на внутрішні (ендогенні) та зовнішні (екзогенні) в залежності від джерела виникнення.

Зовнішні ризики виникають за межами компанії та визначаються навколишньою політично-економічною ситуацією та не залежать безпосередньо від діяльності організації. Окрім подій у політичній та економічній сферах, існують інші чинники (соціальні або географічні, наприклад) проте вони вже розглядаються як частина політичних та економічних.

Ендогенні ризики простіше піддаються визначенню, оцінюванню та передбаченню оскільки вони виникають як наслідок функціонування організації, що розглядається. Саме тому на них зосереджено основну частину

управління ризиками. Важливою є також залежність між ризиками та доходами, що зумовлює поділ внутрішніх ризиків на фінансові та нефінансові. Саме в залежності від можливості кількісно оцінити ризик через наявну пряму залежність між рівнем ризику і доходами. І на основі типу ризику обирається інструмент обробки: квантифіковані ризики підлягають оптимізації, тоді як неквантифіковані — мінімізації. Напрямок сучасного ризик-менеджменту скерований на розробку стратегії не на усунення, а на отримання деякого прибутку від обґрунтованого прийняття та правильного керування виправданими ризиками [4].

Серед квантифікованих (фінансові) ризиків виділяють:

1. Кредитний ризик — також відомий як ризик за умовчанням — це небезпека, пов'язана з запозиченням грошей. Якщо позичальник стане не в змозі погасити кредит, вони будуть невиконані. Інвестори, які постраждали від кредитного ризику, страждають від зменшення доходу від погашення кредитів, а також від втрати відсотків. Кредитори також можуть відчувати зростання витрат на стягнення заборгованості. Розрізняють портфельний та індивідуальний кредитний ризики [4].

2. Ризик ліквідності пов'язаний з двома основними факторами. Перший стосується цінних паперів та активів, які не можна придбати або продати досить швидко, щоб скоротити збитки на нестабільному ринку. Відомий ринковий ризик ліквідності — це ситуація, коли недостатньо покупців, але багато продавців. Другим ризиком є ризик ліквідності фінансування або грошових потоків. Ризик фінансування ліквідності — це можливість того, що корпорація не матиме капіталу для погашення заборгованості, примушуючи її до дефолту, і завдаючи шкоди зацікавленим сторонам.

3. Ринковий ризик — визначається зменшенням дохідності (вартості активів) у зв'язку зі зміною ринкових цін. Детально особливості та класифікацію ринкових ризиків розглянуто у наступному пункті цього розділу (див. пункт 1.1.2).

1. Операційно-технологічний ризик – пов'язаний з недоліками організації роботи компанії, а також непередбачувані ситуації такі як пожежа, аварії, стихійні лиха.

До неквантифікованих (нефінансові) ризиків відносять:

2. Ризик репутації – потенційна втрата фінансового капіталу, соціального капіталу та / або частки ринку, що виникає внаслідок пошкодження репутації фірми. Це часто вимірюється у вигляді втраченого доходу, збільшення операційних, капітальних або регулятивних витрат, або знищення вартості акціонерів.

3. Юридичний ризик базується на перспективі бізнесу, визнаючи, що існують загрози, пов'язані з операційним середовищем для бізнесу. Ідея полягає в тому, що при взаємодії підприємств з іншими їх діяльність, як правило, стає суб'єктом юридичних зобов'язань та зобов'язань

4. Стратегічний ризик характеризує помилки стратегії та цілей фінансового суб'єкта, зумовлені неналежною реалізацією та впровадженням стратегічного планування на ранніх етапах[8].

1.1.2 Характеристика ринкових ризиків

Однією з центральних груп ризиків, що будуть надалі розглядатися в цій роботі є ринкові ризики (market risks). Їх найбільше виділяють в ризик-менеджменті, оскільки вони є невідмінною складовою діяльності всіх фінансових установ. Загалом ринковий ризик - це можливість того, що інвестор зазнає збитків внаслідок факторів, які впливають на загальну ефективність фінансових ринків, на яких він залучений. Виникнення ринкового ризику завзвичай спричинене змінами на ринках (відсоткові ставки, валютні курси) при операціях з активами та пасивами організації [4].

Загалом ринкові ризики можна характеризувати наступним чином [8]:

а) підпорядковується, перш за все ринковій кон'юктурі — попит і пропозиція на конкретний фінансовий актив, загального стану ринку;

б) взаємозалежність його частин, а також те що він задіяний в більшості видів операцій та послуг фінансової діяльності;

в) неоднорідність, що спричиняється залежністю від основних показників фінансового стану емітента (рентабельність, прибутковість тощо).

Відомо, що ризик є невіддільною частиною ринкових операцій. Саме тому головне завдання фінансових суб'єктів є пошук альтернативного рішення спрямованого на мінімізацію втрат, а не безризикового варіанту. Цей процес у свою чергу залежить від якості управління та оцінювання ризику. Найбільш розповсюдженим підходом до цілісного аналізу ринкових ризиків є розподілення на групи відповідно до певних ознак.

Базельського комітету пропонує такий розподіл ринкових ризиків: на процентний, ризик цін і валютний ризик, також виділяють ризик товарних цін, та ризик ринку похідних фінансових інструментів [5].

Є чотири основних типи ринкового ризику:

- процентний ризик;
- ризик цін акцій;
- валютний ризик;
- ризик товарних цін;

Ризик відсоткової ставки — це ризик того, що вартість цінного паперу знизиться внаслідок збільшення процентних ставок. Однак у складних портфелях може виникнути багато різних видів впливу:

1. Базовий ризик: Банки можуть стикатися з базовим ризиком, якщо процентні активи та зобов'язання мають різні бази, такі як Лондонська міжбанківська ставка (LIBOR) проти основної ставки в США. У деяких обставинах різні бази будуть рухатися різними темпами або в різних напрямках, що може призвести до нестійких змін у доходах і витратах.

2. Ризик переоцінки: Банки також можуть стикатися з ризиком переоцінки, тобто ризиком, який представлений активами та зобов'язаннями, які

переоцінюються в різний час і ставки. Наприклад, позика зі змінною ставкою буде генерувати більший процентний дохід, коли ставки зростуть і менше процентні доходи, коли ставки падають. Якщо кредит фінансується з депозитами з фіксованим розміром, процентна маржа банку буде коливатися.

3. Ризик кривої прибутковості: Ризик кривої прибутковості представлений різницями між короткостроковими та довгостроковими процентними ставками.

За нормальних обставин короткострокові ставки нижчі, ніж довгострокові ставки, і банки отримують прибуток шляхом запозичення короткострокових грошей і інвестування в довгострокові активи. Проте будь-яка зміна кривої прибутковості може суттєво вплинути на прибутки банку.

Ризик опціонів: необов'язковість, вбудована в деякі активи та зобов'язання, призводить до ризику виникнення опціонів. Це можна побачити у швидкості передоплати за іпотечними кредитами, при зміні процентних ставок. Зниження процентних ставок змусить багатьох позичальників рефінансувати та погасити свої кредити, залишивши банк з неінвестованими грошима, коли процентні ставки знизилися. З іншого боку, зростання процентних ставок призводить до того, що позичальники іпотечних кредитів повертаються повільніше, залишаючи банк більше кредитів на основі попередніх, нижчих процентних ставок. Варіант ризику важко виміряти та контролювати.

Рівень цін на акції відноситься до ризику, що виникає внаслідок нестабільності цін акцій.

Говорячи про ризик акціонерного капіталу, важливо розрізняти систематичний ризик і несистематичний ризик.

1. Систематичний ризик відноситься до ризику, що виникає внаслідок загальних ринкових факторів і впливає на всю галузь. Вона не може бути розширена.

2. Несистематичний ризик — це ризик, специфічний для компанії, що виникає через специфічні характеристики компанії. Згідно з теорією портфеля, цей ризик можна усунути шляхом диверсифікації.

3. Валютний ризик виникає через коливання валютних курсів. Компанії можуть бути піддані валютному ризику в ході своєї звичайної діяльності через незахищені позиції або через недосконалість хеджування.

4. Ризик товарних цін. Ризик цін на сировинні товари відноситься до ризику непередбачених змін ціни на сировину, наприклад, ціни на нафту. Ці товари можуть бути зерновими, металами, газом, електрикою тощо.

5. Ризик торгівлі товарами впливає на різні секції суб'єктів: виробники (фермери, плантаційні компанії та гірничодобувні компанії); покупці (кооперативи, комерційні торговці тощо); експортери; уряди.

1.2 Сучасні моделі і методи аналізу ринкових фінансових ризиків

Гетероскедастичність описує нерегулярну структуру варіації терміну помилки або змінної в статистичній моделі. По суті, там, де є гетероскедастичність, спостереження не відповідають лінійному шаблону. Натомість вони схильні до кластерів. Результатом є те, що висновки і прогностична цінність, яку можна отримати з моделі, не будуть надійними. GARCH є статистичною моделлю, яка може бути використана для аналізу ряду різних типів фінансових даних, наприклад, макроекономічних даних. Фінансові установи зазвичай використовують цю модель для оцінки волатильності прибутків на акції, облігації та ринкові індекси. Вони використовують отриману інформацію, щоб допомогти визначити ціноутворення та судити про те, які активи потенційно забезпечать більш високу прибутковість, а також прогнозувати прибутки від поточних інвестицій, щоб допомогти у їх розподілі активів, хеджуванні, управлінні ризиками та рішеннях щодо оптимізації портфеля.

Моделі GARCH допомагають описати фінансові ринки, на яких волатильність може змінюватися, стаючи все більш нестабільною в періоди

фінансових криз або світових подій і менш волатильні в періоди відносної спокійної і стійкої економічного зростання. Наприклад, на підставі прибутків, прибутковість акцій може виглядати відносно однорідною протягом років, що призвели до фінансової кризи, як, наприклад, в 2007 році. Проте, у період, що настає після початку кризи, прибутки можуть сильно коливатися від негативних на позитивну територію. Більш того, підвищена волатильність може передбачати нестабільність у майбутньому. Тоді волатильність може повернутися до рівнів, які нагадують рівні докризового періоду, або бути більш рівномірними у майбутньому. Проста регресійна модель не враховує цю мінливість волатильності на фінансових ринках і не є репрезентативною для подій «чорного лебедя», які відбуваються більше, ніж можна було б передбачити.

Управління ризиками - це процес виявлення та вимірювання ризиків та забезпечення відповідності ризиків, що приймаються, з бажаними ризиками. Процес управління ринковим ризиком значною мірою залежить від використання моделей. Модель є спрощеним поданням явища реального світу. Фінансові моделі намагаються охопити важливі елементи, які визначають ціни та чутливість на фінансових ринках. При цьому вони надають важливу інформацію, необхідну для управління інвестиційним ризиком. Наприклад, моделі інвестиційного ризику допомагають менеджеру портфеля зрозуміти, наскільки велика вартість портфеля може змінитися, враховуючи зміну певного фактору ризику. Вони також забезпечують розуміння прибутків та збитків, які можуть бути очікувані в портфелі, та частоту, з якою можуть виникнути великі збитки.

Ефективне управління ризиками, однак, набагато більше, ніж просто застосування фінансових моделей; це вимагає застосування судження та досвіду не тільки для того, щоб знати, як правильно використовувати моделі, але й оцінювати сильні сторони та обмеження моделей та знати, коли доповнити або замінити одну модель іншою моделлю або підходом.

Фінансові ринки працюють більш-менш постійно, і нові ціни постійно генеруються. Як наслідок, існує велика кількість даних про ринковий ризик і

багато колективного досвіду роботи з цим ризиком, що робить ринковий ризик одним з легших фінансових ризиків для аналізу. Однак ринковий ризик не є легким ризиком для захоплення. Хоча експозиції портфеля можна визначити з певною впевненістю, потенційні втрати, які можуть виникнути внаслідок цих ризиків, невідомі. Дані, які використовуються для оцінки потенційних втрат, генеруються з минулих цін і ставок, а не з тих, що виникнуть. Моделі управління ризиками дозволяють досвідченому менеджеру з ризиків поєднувати історичні дані з їхнім власним прогнозним рішенням, і вони забезпечують рамки для перевірки цього рішення.

В сучасному світі управління ризиками кожна фінансова організація розробляє власну систему та стратегію в залежності від внутрішньої структури та умов ринку, оскільки єдиного правильного рішення для процесу ризик-менеджменту не існує. Однак, розглянувши множину спільних рис серед ефективних підходів до управління ризиками можна виділити спільні риси такі як абстрагування від діяльності, пов'язаної з прийняттям ризиків. Загалом, кожна система ризик-менеджменту у процесі дослідження ринкового ризику включає наступні етапи [3, 6]:

- а) ідентифікація ризиків — виявлення потенційних та наявних ризиків;
- б) вимірювання ризику є важливим етапом при управлінні ризиками;
- в) контроль ризику — інструменти регулювання процесу ризик-менеджменту;
- г) моніторинг ризику — відстеження рівня ризику, що характеризується своєчасністю та регулярністю.

Необхідно розглянути різні види вимірювання ризику. Одним із загальних підходів був (і, по суті, все ще залишається) аналіз розривів, який спочатку був розроблений фінансовими установами, щоб дати просту, хоча і грубу ідею впливу процентного ризику (період - 1 рік, або будь-який інший). Потім ми визначаємо, яка частина нашого портфеля активів або зобов'язань буде переоцінюватися протягом цього періоду, а суми, що беруть участь, дають нам наші чутливі до ставок активи та чутливі до ставок зобов'язання. Розрив є

різницею між ними, і наш вплив процентної ставки вважається зміною чистого процентного доходу, що відбувається у відповідь на зміну процентних ставок.

На зміну аналізу розривів приходять метод вартісного виміру ризику value-at-risk (VaR). А також його вдосконалена версія CVaR – умовний метод вартісного ризику.

1.3 Інші системи для моделювання та оцінювання фінансових ризиків

Standard deviation (Variance). Для оцінювання волатильності ринку використовують зазвичай стандартне відхилення від середнього значення у вибірці. Широке використання цієї міри зазвичай пов'язують з глибоким впливом теорії портфеля Марковіц, де дисперсія використовується як міру ризику. Очевидно, що стандартне відхилення є зрозумілим і простим у використанні для аналітичних цілей.

В реальних умовах, до того ж, використовують стандартне відхилення доходності інструменту, а не розраховане за ціною. У конкретний момент часу по конкретному інструменту ціна і доходність інформативно-тотожні, оскільки між цими величинами існує відповідність. Однак, показник доходності є більш адекватною для зіставлення по різних інструментах характеристикою ринкової кон'юнктури. Для розуміння інструменти можна розглянемо деякий портфель ризикових активів і зафіксуємо часовий горизонт, як функцію відповідну розподілу втрат, припускаючи, що він був заданий на початку аналізу. Постановка проблеми оцінювання полягає в тому, щоб оцінити статистику на величину впливу ризику нашого портфеля на часовому періоді Δt .

Фактично розподіл доходності зазвичай вивчається на ретроспективі, допускаючи, що спостереження незалежні і однаково розподілені. Очікувану доходність можливо визначати за середнім, а ризик, варіація оцінкою дисперсії.

Квадратний корінь із оцінки дисперсії дохідності – стандартне відхилення називають волатильністю (мінливістю).

Волатильність вимірює величину відхилення значень прибутковості від очікуваного рівня. Враховуючи, що в практиці фінансових ринків поняття стандартного відхилення і волатильності часто прирівнюється, стандартне відхилення не є вичерпною характеристикою волатильності. Волатильність (або мінливість) ринкового показника проявляється в динаміці змін даного показника, і з цього погляду може бути описана статистичним розподілом даної величини, або, у скороченому варіанті, її дисперсією й стандартним відхиленням. Тобто, ми з'ясували, що волатильність — це характеристика, що визначає змінність фінансових результатів від використання певного інструмента. Одним з її прикладів, але не єдиним, є стандартне відхилення.

В той самий час стандартне відхилення не є інформативним для відслідковування позитивних або негативних змін, а ліше вказує на відхилення від середнього. Тому ця міра є достатньою для приблизно симетричних розподілів (наприклад, нормальний), проте не завжди інформативна в реальних умовах [10, с.44].

1.3.1 Модель “Вартість під ризиком”

Моделювання VaR є статистичним методом управління ризиками, який кількісно визначає потенційні втрати акцій або портфеля, а також ймовірність того, що потенційні втрати виникнуть. Хоча відомий і широко використовуваний метод VaR вимагає певних припущень, які обмежують його точність. Наприклад, передбачається, що склад і зміст вимірюваного портфеля залишається незмінним на певний період. Хоча це може бути прийнятним для короткострокових горизонтів, недоліком цього моделювання вважається зменшення точності для довгострокових активів.

Таким чином, показник VaR оцінює максимально можливий збиток із заданою ймовірністю і періодом часу. Іншими словами, вартість під ризиком – це оцінка верхньої межі можливих збитків, які може понести банк протягом певного періоду часу (зазвичай, за рік), для визначеного (встановленого) рівня довіри (наприклад, 95%) визначення величини вартості під ризиком необхідно знати залежність між обсягами прибутків і збитків та ймовірностями їх появи, тобто розподіл ймовірностей прибутків і збитків протягом обраного інтервалу часу. У цьому випадку за заданим значенням імовірності втрат можна визначити величину відповідного збитку. Використовуючи властивості нормального розподілу ймовірностей, найпростішою формулою визначення VaR буде:

$$VaR = \mu + \sigma\Phi(\alpha) \quad (1.1)$$

де α – порогове значення ймовірності;

σ – стандартне відхилення дохідності активу (в процентах від вартості активу);

Φ – функція стандартного нормального розподілу;

α – вартість активу.

Для розрахунку вартості під ризиком ключовими параметрами є довірчий інтервал і часовий обрій. Оскільки збитки є наслідком коливань, довірчий інтервал слугує тією межею, що відділяє «нормальні» коливання від екстремальних сплесків за частотою їхнього прояву. Зазвичай, ймовірність втрат встановлюється на рівні 1%, 2,5 або 5% (відповідний довірчий інтервал становитиме 99%, 97,5 та 95%), однак відповідно до стратегії управління капіталом, якої дотримується банк, ризикменеджер може обрати інше значення. Зі збільшенням довірчого інтервалу показник вартості під ризиком буде зростати.

1.3.2 Модель “Очікуваних втрат”

Expected shortfall. Ця міра є, мабуть, найбільш привабливою послідовною мірою ризику. Також має різні назви в літературі - включаючи conditional value at risk (CVaR), average value at risk (AVaR), або expected tail loss (ETL).- але сама основна концепція дуже проста. ETL - це очікувана величина наших втрат (L) якщо ми отримаємо втрати, що перевищують VaR:

VaR повідомляє, що найбільше ми можемо очікувати втрати, якщо не відбудеться погана подія, і ETL розповість нам, які втрати можемо очікувати, якщо менш імовірна подія відбудеться.

Як VaR, так і ETL, очевидно, залежать від базових параметрів і припущень розподілу, і ці конкретні показники базуються на 95% рівні довіри та 1-денному періоді утримання, а також на припущенні, що щоденна P / L розподіляється як стандартна норма (тобто з середнім значенням 0 і стандартним відхиленням 1).

Оскільки ETL залежить від тих самих параметрів, що й сам VaR, відразу видно, що будь-яка цифра ETL є лише точкою на кривій Втрати-прибутки. Загалом ETL має багато тих самих визначень, що і VaR: він забезпечує загальну послідовну оцінку ризику в різних позиціях, він враховує кореляції правильним способом, і він має багато тих самих використань, що і VaR. Проте, ETL також є кращим показником ризику, ніж VaR, наприклад враховує погані або “хвостові” втрати.

Висновки до розділу

Бурхливий розвиток математичних фінансових інструментів кінця минулого століття разом із сучасним розвитком інформаційних технологій

виводять ризик-менеджмент на новий рівень спрощуючи розробку методів і інструментів для фінансових установ.

Загалом можна виділити такі основні причини виникнення ризиків: недостатньо розвинуті інструменти для аналізу вхідної інформації, яка і так часто є неповна і недостатня; діяльність конкурентів і проблеми внутрішньої структури; порушення зобов'язань; політичні події та їх наслідки.

Серед розглянутого різноманіття фінансових ризиків, управління та оцінювання саме ринкових ризиків є найбільш цікавим оскільки виникає при проведенні операцій із будь-якими фінансовими інструментами у зв'язку із змінами цін, відсоткових ставок, курсів валют. При чому він є надзвичайно важливим для врахування при прийнятті рішення щодо фінансового інструменту.

Для моделювання та оцінювання ринкових ризиків зараз найбільше використовують технології VaR та ETL. Ці підходи, серед іншого вирізняються простотою для розуміння, оскільки оцінюють можливі витрати, а також відповідають нормам міжнародних організацій в ризик-менеджменті в фінансових установах.

Перехідна економіка нашої країни сприяє нестабільності фінансового ринку, що призводить до ускладнення процесу реагування на зміни ринкових показників. Отже моделі, що базуються на нормальних розподілах загалом не можуть бути використані для роботи з українським фінансовими ринками, адже вони дають значну похибки в розрахунках та прогнозуванні цін на фінансові інструменти. Саме тому розповсюджується використання більш гнучких та сучасних технологій та методів. Наприклад, методології Value-at-Risk або Expected tail loss.

Постановка задачі:

1. Виконати огляд сучасних математичних моделей для моделювання і прогнозування ринкових ризиків
2. Зібрати необхідні статистичні дані для виконання обчислювальних експериментів.

3. Створити програмний продукт для виконання обчислювальних експериментів, а саме моделювання і прогнозування процесів зі змінною дисперсією, оцінки ризику для прийняття рішення щодо фінансового активу.
4. Провести практичне застосування моделей для оцінки ризиків.
5. Виконати аналіз отриманих результатів і зробити висновки.

РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТА РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ

2.1 Моделі ринкових ризиків для СППР

Використання СППР та технології прийняття рішень в цілому стає все більш поширеним явищем. Багато банків модернізуються від управлінських інстинктивних рішень до видобутку даних і використовують його для прийняття рішень для зростання бізнесу, не тільки через поганий результат, який вони часто отримують від інстинктивних рішень, але й з того факту, що їм необхідно провести щоденне збільшення даних. Подивіться на тенденції та закономірності та шукайте точні дані, щоб прийняти кращі рішення через широку підтримку для зручності бізнесу та простоти використання. «Інтелектуальний аналіз даних може розглядатися як метод, який використовується для сховища даних, в якому щоденні банківські дані отримуються для використання, а нові зберігаються один раз, а СППР - це інструмент, який допомагає розробляти і генерувати рішення на основі даних, що видобуваються. Це включає такі характеристики:

- широке число даних зберігається по всіх відділах і філіях банків по всьому її покриттю, і доступ до нього здійснюється одночасно;
- гетерогенні середовища виконання складаються з різних апаратних засобів, мережових з'єднань, операційних систем, форматів даних і зберігання даних;
- надзвичайно різноманітний характер, який залежить від великої різноманітності змінних даних;
- можливість перегляду змінних даних клієнта під час виконання відповідно до входів користувача і статусу сервера.

Більшість банків та фінансових установ приймають комбіновані технології прийняття рішень та СППР не тільки для економічної ефективності, але й тому, що вона є більш корисною у підтримці щоденного ведення підприємницької

діяльності з точки зору швидкості, доступності бізнес-даних клієнтів, поширення інформації та підтримка прийняття рішень.

Обмін інформацією важливий для будь-якої організації. Комбінована технологія прийняття рішень і СППР, однак, є основним інструментом, що використовується організацією для прийняття проактивних рішень, щодо різних продуктів, що пропонуються для своїх клієнтів, а також утримання клієнтів. Це дуже хороший інструмент для співробітництва, який надає працівникам (управлінському персоналу) зручний своєчасного прийняття обґрунтованого рішення.

Використання системи прийняття рішень поступово збільшується по всьому світу і виключає використання інстинктивного та прогностичного аналізу з боку керівництва банків у межах кожного відділу для своїх продуктів та клієнтів. СППР підтримують пряму передачу даних від одного відділу до іншого в рамках роздрібного банкінгу для аналізу та прийняття рішень на рахунок клієнтів, а також для маркетингових знань про клієнта. Він також забезпечує легку, швидку, точну і комп'ютеризовану систему бізнес-аналітики.

Як зазначалося раніше, ми розглядаємо доходність деякого портфелю ризикових активів для фіксованого часового інтервалу Δt . Покладемо $F_L = P(L \leq l)$ як функцію відповідну розподілу доходності. Задача оцінювання полягає в тому, щоб визначити статистику на основі F_L , яка вимірює серйозність ризику нашого портфеля протягом певного періоду часу Δt [10]. Очевидним кандидатом для такої статистики є значення максимально можливих втрат, що визначається як $\inf \{ l \in \mathbb{R}: F(l) = 1 \}$, міра ризику важлива для перестрахування. Однак у більшості моделей функція розподілу для доходності F є необмеженою, тому максимальною втратою буде просто нескінченність. Більше того, використовуючи максимальні втрати в якості міри ризику, ми не беремо до уваги будь-яку ймовірнісну інформацію про F . *Value-at-Risk* в даному випадку виступає прямим розширенням міри максимальних втрат, що враховує недоліки попередньої. Ідея полягає в тому, щоб замінити "максимальну втрату" на "максимальну втрату, яка не буде перевищена з заданою ймовірністю", так

званим рівнем довіри $\alpha \in (0,1)$. Таким чином VaR даного портфелю ризикових активів з рівнем довіри α визначається як найменше число l таке, що ймовірність того, що втрати L перевищать l , буде не більша за $(1 - \alpha)$. Формально, це [10]:

$$VaR = \inf\{l \in \mathbb{R}: P(L \leq l) \leq 1 - \alpha\} = \inf\{l \in \mathbb{R}: F(l) \geq \alpha\}, \quad (2.1)$$

У ймовірнісному сенсі, VaR – це просто клантиль розподілу втрат. Зазвичай значення α беруть $\alpha = 0.95$ або $\alpha = 0.99$. Для вимірювання ринкових ризиків (а також і операційних) часовий інтервал Δt зазвичай беруть в 1 день або 10 днів. Однак, як видно з визначення, VaR для рівня довіри α не містить ніякої додаткової інформації про серйозність та масштаб втрат, що з'являться з ймовірністю мешною за $(1 - \alpha)$. Очевидно, що саме це і є головним недоліком VaR як міри ризику [10].

Покладемо, що розподіл доходності F є нормальним розподілом з середнім μ та дисперсією σ , та зафіксуємо рівень довіри $\alpha \in (0,1)$. Тоді:

$$VaR = \mu + \sigma \Phi(\alpha), \quad (2.2)$$

де Φ — функція стандартного нормального розподілу, і $\Phi(\alpha)$ є α -квантилем Φ [10].

Тоді, справедлива також рівність:

$$P(L \leq VaR) = P(\leq \Phi(\alpha)) = \Phi(\Phi(\alpha)) = \alpha \quad (2.3)$$

Даний результат використовується при варіантно-коваріаційному підході (також відомий як дельта-нормальний підхід) до обчислення міри ризику, як буде описаний у п.2.1.1 нижче. Формально формула ця тлумачиться як: очікувана кількість ризику VaR перевищить реальну кількість ризику L за часовий горизонт t з ймовірністю α ($\alpha = 0.99; 0.95$ і т.п.).

Звичано, схожий результат отримаємо, якщо замість нормального розподілу застосувати розподіл t-Стюдента. Тепер покладемо, що наша випадкова величина доходності L така, що є розподілом Стюдента-t з ν ступенями вільності. Тоді дана модель доходності як $L \sim t(\nu, \mu, \sigma)$ з центральними моментами $E(L) = \mu$ та $var(L) = \nu\sigma^2/(\nu-2)$, де $\nu > 2$, тоді отримуємо:

$$VaR = \mu + \sigma(\alpha), \quad (2.4)$$

де t - функція розподілу стандартного розподілу t-Стюдента [10].

Як видно з означення (2.1), показник VaR характеризується наступними параметрами [8]:

- а) очікувана кількість ризику, яка може розраховуватися як абсолютна величина або у процентному вимірі до значення показника на певну дату;
- б) часовий горизонт, що вибирається на основі мінімального терміну, протягом якого можна реалізувати на ринку даний актив без суттєвого збитку (часовий горизонт вимірюється числом робочих або торгових днів. На практиці залежно від специфіки використання VaR такими горизонтами найчастіше може бути день, тиждень, декада, місяць);
- в) глибина періоду рестроспективних або змодельованих штучно даних для розрахунку VaR;
- г) рівень довіри (імовірність), з якою максимальні втрати не перевищать розрахованої вартості під ризиком, визначається в залежності від корпоративної практики або регламенту фінансової установи (наприклад, установкою Базельського комітету з банківського нагляду встановлюється рівень довіри – 99%, однак, на практиці, найбільш застосований рівень довіри - 95%).

2.2 Формалізованих опис ринкового ризику у динаміці

Умовна гетероскедастичність існує у фінансових умовах, оскільки прибутковість активів є нестабільною.

Колекція випадкових величин є гетероскедастичною, якщо існують підмножини змінних в межах більшого набору, які мають різну дисперсію від решти змінних.

Розглянемо день, коли ринки акцій зазнають суттєвого падіння. Ринок потрапляє в панічний режим, автоматизовані системи управління ризиками починають отримувати свої довгі позиції, продаючи свої позиції, і все це призводить до подальшого падіння цін. Збільшення відхилення від початкового падіння цін призводить до значного подальшого зниження волатильності.

Тобто, дисперсійне збільшення послідовно корелюється з подальшим дисперсійним збільшенням у такому періоді «розпродажу». Або розглядаючи його навпаки, період збільшення дисперсії залежить від початкового розпродажу. Таким чином, ми говоримо, що такі серії є умовно-гетероскедастичними.

Умовно-гетероскедастичні (CH) ряди нестационарні, оскільки її дисперсія не є постійною в часі. Одним з складних аспектів умовного гетероскедастичного ряду є ділянки ACF ряду з волатильністю, які можуть виявитися реалізацією стаціонарного дискретного білого шуму.

Як ми можемо включити CH у нашу модель? Одним із способів може бути створення моделі AR для самої дисперсії - моделі, яка фактично враховує зміни в дисперсії протягом часу, використовуючи минулі значення дисперсії.

Це є основою моделі авторегресійної умовної гетероскедастики (ARCH). Модель ARCH (p) - це просто модель AR (p), яка застосовується до дисперсії часового ряду.

ARCH (1) задається:

$$Var(x(t)) = \sigma^2(t) = \alpha \cdot \sigma^2(t-1) + \alpha_1. \quad (2.5)$$

Тоді як фактичні часові ряди задаються:

$$x(t) = w(t) \cdot \sigma(t) = w(t) \cdot \sqrt{\alpha \cdot \sigma^2(t-1) + \alpha_1}, \quad (2.6)$$

де $w(t)$ – показник білого шуму.

Узагальнений процес авторегресійної умовної гетероскедастичності (GARCH) є економетричним терміном, розробленим в 1982 році Робертом Енгелем, економістом і лауреатом Нобелівської меморіальної премії економіки за 2003 рік, для опису підходу до оцінки волатильності фінансових ринків. Існує кілька форм моделювання GARCH. Процес GARCH часто віддають перевагу фахівцям з фінансового моделювання, оскільки він передбачає більш реальний контекст, ніж інші форми при спробі передбачити ціни та ставки фінансових інструментів.

Гетероскедастичність описує нерегулярну структуру варіації терміну помилки або змінної в статистичній моделі. По суті, там, де є гетероскедастичність, спостереження не відповідають лінійному шаблону. Натомість вони схильні до кластерів. Результатом є те, що висновки і прогностична цінність, яку можна отримати з моделі, не будуть надійними. GARCH є статистичною моделлю, яка може бути використана для аналізу ряду різних типів фінансових даних, наприклад, макроекономічних даних. Фінансові установи зазвичай використовують цю модель для оцінки волатильності прибутків на акції, облігації та ринкові індекси. Вони використовують отриману інформацію, щоб допомогти визначити ціноутворення та судити про те, які активи потенційно забезпечать більш високу прибутковість, а також прогнозувати прибутки від поточних інвестицій, щоб допомогти у їх розподілі активів, хеджуванні, управлінні ризиками та рішеннях щодо оптимізації портфеля.

Загальний процес для моделі GARCH включає три етапи:

1. Перший - це оцінити найкращу авторегресивну модель.
2. Другий - обчислення автокореляцій терміну помилки.
3. Третій крок - перевірити на важливість.

Двома іншими широко використовуваними підходами до оцінки та прогнозування фінансової волатильності є метод класичної історичної волатильності (VolSD) та метод експоненціально зваженої ковзної середньої волатильності (VolEWMA).

Отже загальна GARCH(p,q) модель задається наступним чином:

$$y_k = \sigma_k \varepsilon_k, \quad (2.7)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2, \quad (2.8)$$

де $\omega > 0, \alpha_i \geq 0, \beta_j \geq 0$.

На практиці найчастіше використовують модель з показниками $p=1$ і $q=1$, яка описується наступним чином:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2. \quad (2.9)$$

Переформулюємо GRACH(1,1) з використанням закону повторених очікувань:

$$E(y_t^2) = E(E(\varepsilon_t^2 | I_{t-1})) = E(\sigma_t^2) = \omega + \alpha_1 E(\varepsilon_{t-1}^2) + \beta_1 E(\sigma_{t-1}^2). \quad (2.10)$$

Припускаючи, що процес розпочався нескінченно далеко в минулому з кінцевою початковою дисперсією, послідовність дисперсій сходиться до константи:

$$\sigma^2 = \frac{\omega}{1 - \alpha_1 - \beta_1}, \quad (2.11)$$

якщо $\alpha_1 + \beta_1 < 1$.

Отже, процес GARCH є безумовно гомоскедастичним. Параметр α_1 вказує внески до умовної дисперсії останніх новин, а параметр β_1 відповідає частині ковзної середньої в умовній дисперсії, тобто останній рівень волатильності. У цій моделі може бути зручно визначити міру, в контексті прогнозування, про вплив нових показників на майбутню волатильність. Щоб провести дослідження цього впливу, ми обчислимо очікувану волатильність на k -періодів вперед, тобто:

$$E(\sigma_{t+k}^2 | \sigma_t^2) = (\alpha_1 + \beta_1)^k \sigma_t^2 + \omega \left(\sum_{i=0}^{k-1} (\alpha_1 + \beta_1)^i \right). \quad (2.12)$$

Моделі GARCH допомагають описати фінансові ринки, на яких волатильність може змінюватися, стаючи все більш нестабільною в періоди фінансових криз або світових подій і менш волатильні в періоди відносної спокійної і стійкої економічного зростання. Наприклад, на підставі прибутків, прибутковість акцій може виглядати відносно однорідною протягом років, що призвели до фінансової кризи, як, наприклад, в 2007 році. Проте, у період, що настає після початку кризи, прибутки можуть сильно коливатися від негативних на позитивну територію. Більш того, підвищена волатильність може передбачати нестабільність у майбутньому. Тоді волатильність може повернутися до рівнів, які нагадують рівні докризового періоду, або бути більш рівномірними у майбутньому. Проста регресійна модель не враховує цю мінливість волатильності на фінансових ринках і не є репрезентативною для подій «чорного лебедя», які відбуваються більше, ніж можна було б передбачити.

Процеси GARCH відрізняються від гомоскедастичних моделей, які передбачають постійну волатильність і використовуються в аналізі базових звичайних найменших квадратів (OLS). Метою OLS є мінімізація відхилень між точками даних і лінією регресії, щоб відповідати цим точкам. З поверненням активів, волатильність, здається, змінюється протягом певних періодів часу і залежить від минулої дисперсії, роблячи гомоскедастичну модель не

оптимальною.

Процеси GARCH, будучи авторегресивними, залежать від минулих квадратичних спостережень і минулих відхилень від моделі для поточної дисперсії. Процеси GARCH широко використовуються у фінансах завдяки їхній ефективності у моделюванні прибутку активів та інфляції. GARCH прагне мінімізувати помилки в прогнозуванні, враховуючи помилки в попередньому прогнозуванні, і тим самим підвищуючи точність поточних прогнозів.

Висновки до розділу

Більшість банків та фінансових установ приймають комбіновані технології прийняття рішень та СППР не тільки для економічної ефективності, але й тому, що вона є більш корисною у підтримці щоденного ведення підприємницької діяльності з точки зору швидкості, доступності бізнес-даних клієнтів, поширення інформації та підтримка прийняття рішень.

Обмін інформацією важливий для будь-якої організації. Комбінована технологія прийняття рішень і СППР, однак, є основним інструментом, що використовується організацією для прийняття проактивних рішень, щодо різних продуктів, що пропонуються для своїх клієнтів, а також утримання клієнтів. Це дуже хороший інструмент для співробітництва, який надає працівникам (управлінському персоналу) зручний своєчасного прийняття обґрунтованого рішення.

Використання системи прийняття рішень поступово збільшується по всьому світу і виключає використання інстинктивного та прогностичного аналізу з боку керівництва банків у межах кожного відділу для своїх продуктів та клієнтів. СППР підтримують пряму передачу даних від одного відділу до іншого в рамках роздрібного банкінгу для аналізу та прийняття рішень на рахунку

клієнтів, а також для маркетингових знань про клієнта. Він також забезпечує легку, швидку, точну і комп'ютеризовану систему бізнес-аналітики.

Гетероскедастичність описує нерегулярну структуру варіації терміну помилки або змінної в статистичній моделі. По суті, там, де є гетероскедастичність, спостереження не відповідають лінійному шаблону. Натомість вони схильні до кластерів. Результатом є те, що висновки і прогностична цінність, яку можна отримати з моделі, не будуть надійними. GARCH є статистичною моделлю, яка може бути використана для аналізу ряду різних типів фінансових даних, наприклад, макроекономічних даних. Фінансові установи зазвичай використовують цю модель для оцінки волатильності прибутків на акції, облігації та ринкові індекси. Вони використовують отриману інформацію, щоб допомогти визначити ціноутворення та судити про те, які активи потенційно забезпечать більш високу прибутковість, а також прогнозувати прибутки від поточних інвестицій, щоб допомогти у їх розподілі активів, хеджуванні, управлінні ризиками та рішеннях щодо оптимізації портфеля.

Саме тому в цьому розділі викладені основні теоретичні відомості щодо математичних методів моделювання та прогнозування гетероскедастичних процесів.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЕКСПЕРЕМЕНТІВ

3.1 Функціональна схема алгоритму

Для аналізу практичних даних, порівняння моделей і прийняття рішення щодо фінансового активу було розроблено і реалізовано наступний алгоритм у вигляді програмного продукту. ПП призначено для аналізу наявних даних, розробці моделей, обирання найкращої моделі та наприкінці прогнозування волатильності за-для подальшого оцінювання ринкових ризиків на основі технолоній Var та ETL, а також оцінювання якості побудованих моделей. За мету ПП обрано моделювання ринкових фінансових ризиків для подальшого прийняття вчасних та ефективних управлінських рішень для фінансових інструментів. Схему роботи алгоритму схематично зображено на рис.3.1.

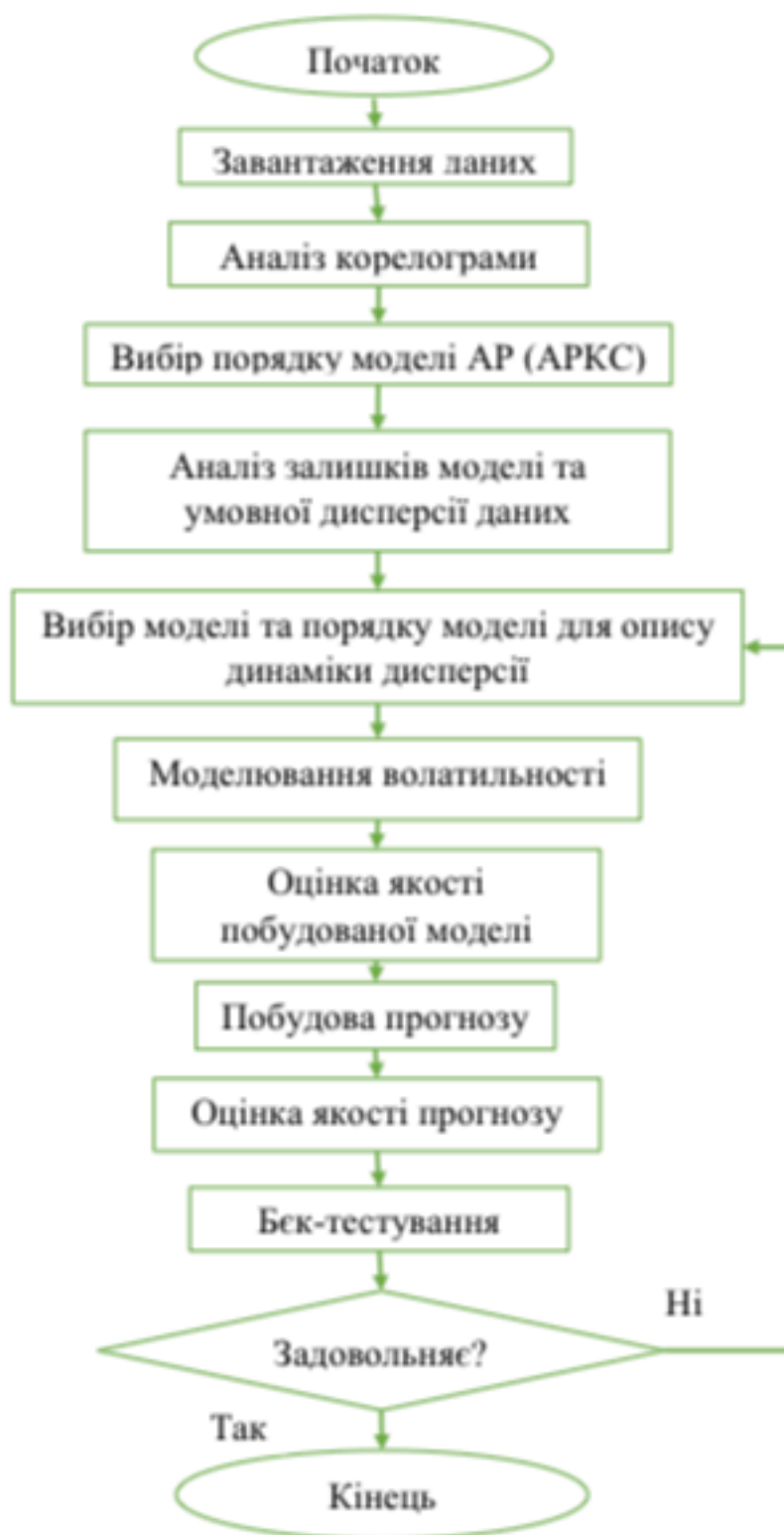


Рисунок 3.1 — Блок-схема алгоритму

3.2 Вхідні дані

Для перевірки роботи моделей гетероскедастичних моделей типу GARCH на основі мір ризику “Вартість під тириком” та “Очікуванні витрати” доречно використовувати значення біржових, або фондових індексів.

Біржевий індекс - це гіпотетичний портфель інвестиційних холдингів, який представляє собою сегмент фінансового ринку. Розрахунок вартості індексу відбувається з цін базових холдингів. Деякі індекси мають значення, що ґрунтуються на зважуванні ринкової частки, зважуванні доходів, зважуванні з плаваючою ставкою та фундаментальному зважуванні. Зважування - це метод коригування індивідуального впливу елементів у індексі.

Як гіпотетичний портфель холдингів, індекси виступають в якості еталонних порівнянь для різних цілей на фінансових ринках. Як уже згадувалося, Dow Jones Industrial Average, S&P 500 і Nasdaq Composite є трьома популярними показниками в США. Ці три індекси включають 30 найбільших запасів у США за ринковою капіталізацією, 500 найбільших акцій і всі акції на біржі Nasdaq, відповідно. Оскільки вони включають деякі з найбільш значних запасів США, ці показники можуть бути гарним представництвом загального фондового ринку США.

Менеджери інституційних фондів також використовують індекси як основу для створення індексних фондів. Індивідуальні інвестори не можуть інвестувати в індекс, не купуючи кожну з окремих холдингів, що, як правило, занадто дорого з точки зору торгівлі. Таким чином, індексні фонди пропонуються як недорогий спосіб інвесторам інвестувати в комплексний портфель індексів, отримуючи вплив на певний сегмент ринку за своїм вибором. Індексні фонди використовують стратегію реплікації індексу, яка купує і зберігає всі складові індексу. Деякі витрати на управління та торгівлю все ще входять до складу витрат фонду, але витрати значно нижчі, ніж витрати на активний фонд.

Інші індекси мають більш специфічні характеристики, які створюють більш вузьку спрямованість ринку. Індекси можуть представляти мікросектори або зрілість у випадку фіксованого доходу. Індекси також можуть бути створені для представлення географічного сегмента ринку, наприклад, тих, що відстежують ринки, що розвиваються, або акції у Великобританії та Європі, такі як FTSE 100. На сьогоднішній день існує більше двох тисяч різних біржових індексів, серед яких варто виділити декілька найбільш популярних – це фондові індекси Dow Jones (США), DAX (Німеччина), Nikkei (Японія), NASDAQ (США), RTS (Росія), Standard&Poor's 500 (США), FTSE (Англія).

Для оцінки VaR та ETL та проведення бек-тестування моделей використовувалися дані індексів DAX з 2014 по 2018 рік, що є найважливішим фондовим індексом німецького ринку. Розглянемо статистику за цим індексом за головними показниками в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Описова статистика індексу DAX

	Відкриття	Найвищий	Найнижчий	Закриття
Min	21.29	21.52	21.29	21.46
Median	26.48	26.55	26.38	26.48
Mean	26.91	26.99	26.77	26.88
Max	33.96	34.00	33.67	33.80

Проте для використання даних нас цікавить лише доходність індекса для якої ми і побудуємо автокореляційну та частково автокореляційну функцію для визначення параметрів майбутніх моделей. Результат зображено на рисунку 3.2

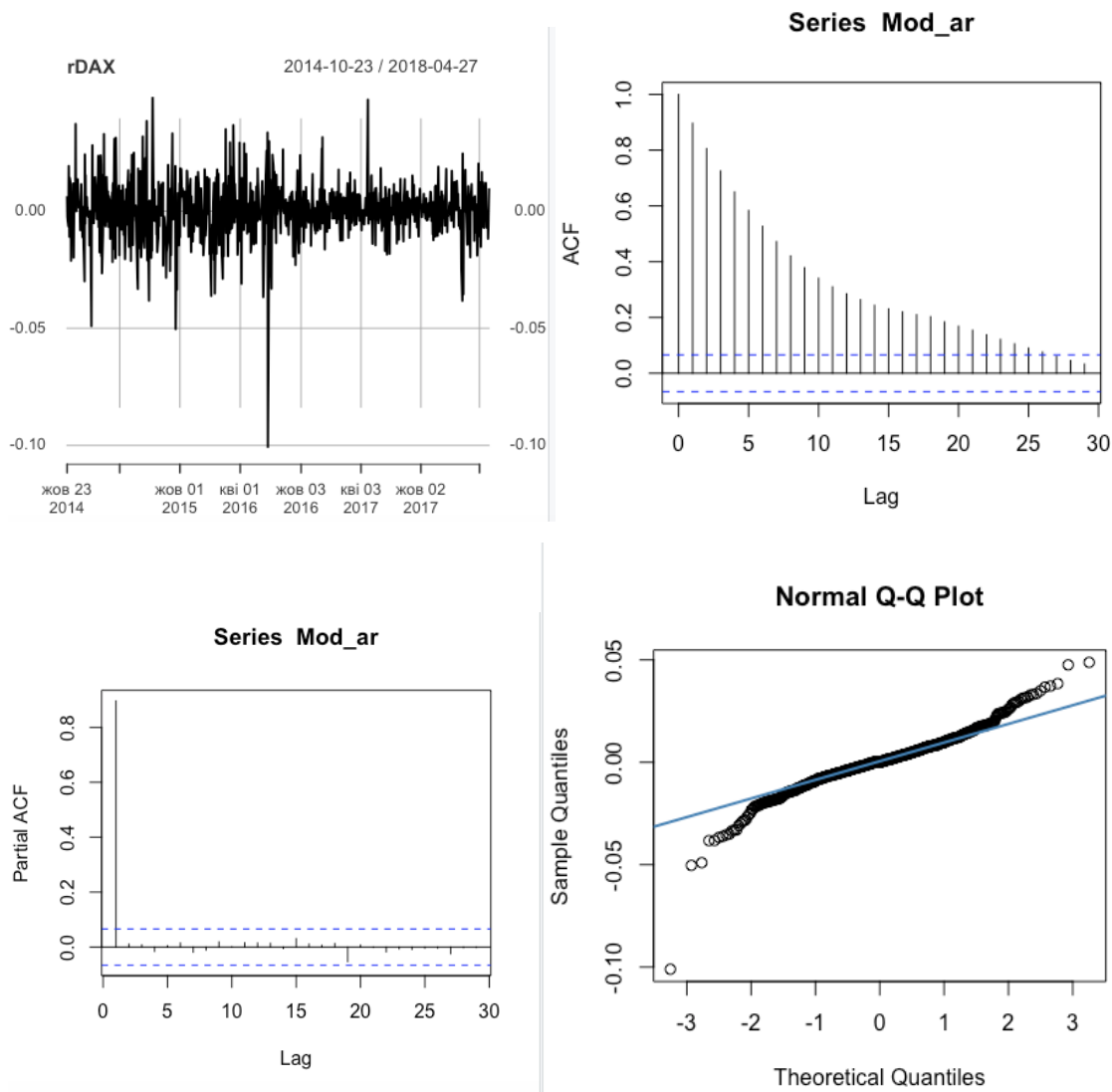


Рисунок 3.2 — Графік значень геометричної доходності індексу DAX

Статистика власне доходності описана в таблиці 3.2. Можемо зауважити, що коефіцієнт асиметрії даного ряду близьке до значення при нормальному розподілі, тобто нульовому. Значення ексцесу при цьому дорівнює 9.1, що також більше за значення ексцесу при нормальному розподілі. Це свідчить про те, що форма розподілу ряду доходностей буде «гострішою» від нормального, що гарно також демонструється на графіку щільності розподілу. Також на графіку QQ можна поміти, що хвости розподілу доходності є досить «товстими».

Таблиця 3.2 — Описова статистика ряду доходностей індексу DAX

Показник	Значення
Кількість спостережень	884
Min	-0.101047
Max	0.04880665
Mean	0.0003085658
Median	0.0001422079

3.3 Результати прогнозування та оцінювання

Для обраного часового ряду ми оберемо найкращу модель ARIMA та будуємо її, для квадратів залишків побудованої моделі проводимо тестування. Q-тест Льюнга-Бокса визначає наявність автокореляції в даних. Результатом тесту є $p\text{-value} < 2.2e-16$, ймовірність значно менше за необхідні 0.05. Отже нуль-гіпотеза, що передбачає незмінність дисперсії в часі, не підтверджується. Що вказує на гетероскедастичність процесу, наявність ARCH-ефекту, і як наслідок про те, що ми можемо виконувати наступні розрахунки з цим рядом доходностей.

Наступним кроком необхідно розглянути корелограму для квадратів залишків моделі (рис. 3.3). Таким чином ми зможемо коректно змоделювати динаміку дисперсії часового ряду.

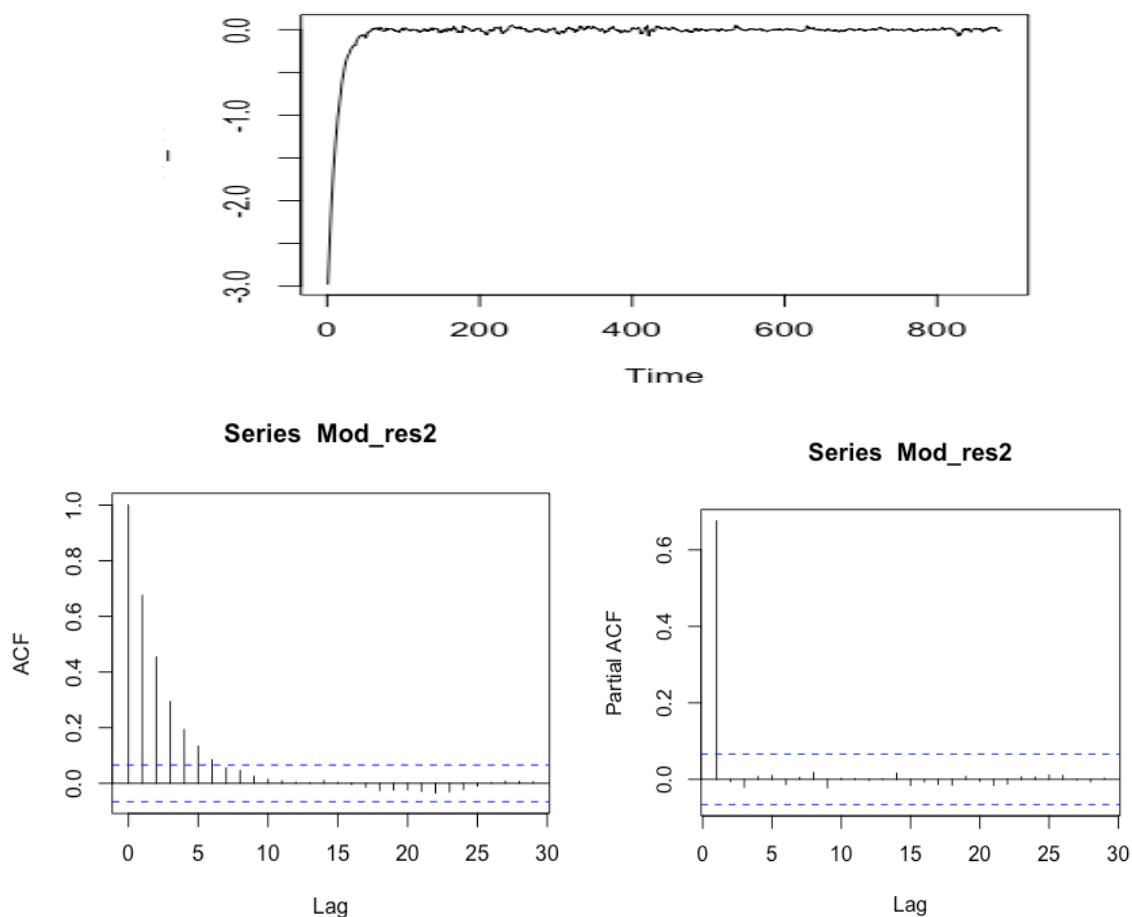


Рисунок 3.3 — Значення АКФ та ЧАКФ для квадратів залишків моделі

Розглянувши результати значень автокореляційної та ЧАКФ, можна зробити висновок, що необхідно перевірити моделі як першого так і другого порядку.

В першу чергу робимо моделювання для нормально розподіленої змінної, а згодом Результати моделювання будемо оцінювати за інформаційними критеріями

Таблиця 3.3 — Результати оцінювання моделей різних порядків для індексу DAX

Модель	AIC	BIC
GARCH(1,1)	1.7921	1.8146
GARCH(1,2)	1.7937	1.82
GARCH(2,1)	1.7812	1.8075
GARCH(2,2)	1.7801	1.8101

Всі моделі мають приблизно однакові показники, тому подальші розрахунки будуть проводитися для моделей меншого порядку. Наразі також перевіримо як впливають різні розподіли. Нагадаємо, що попередні моделі будувалися на основі нормального розподілу. Отже в таблиці 3.4 наведено результати для моделі GARCH(1,2) на основі нормального розподілу, розподілу студента та skew-студент.

Таблиця 3.4 — Результати оцінювання моделі GARCH(1,2) на основі різних розподілів.

	Normal	Student-t	Skew-Student
AIC	1.7937	1.7485	1.7391
BIC	1.82	1.7786	1.7729

Подальші розрахунки моделей будуть проводитися на основі нормального розподілу, оскільки попередніми розрахунками перевірена його оптимальність. Тепер розглянемо результати використання асиметричних моделей. Результати оцінювання моделей при застосуванні нормального розподілу наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 — Результати оцінювання асиметричних моделей на основі нормального розподілу.

	EGARCH(1,1,1)	EGARCH(1,1)	grlGARCH(
μ	0.010701	0.010607	0.014241
ω	-0.027372	-0.027738	0.011923
α_1	-0.171999	-0.177970	0
β_1	0.799	0.963701	0.848654
β_2	- 0.035544		
γ_1	0.208616	0.214344	0.261037
LogL	-1212.975	-1213.218	-1208.17
AIC	1.7480	1.7469	1.7397
BIC	1.7780	1.7732	1.7660

Як бачимо, врахування асиметрії дає значне покращення при моделюванні волатильності. Найкращою моделлю за інформаційними критеріями є асиметрична модель Grl-GARCH. Отже, можемо заключити, що даному індексу дуже характерний описаний вище ефект «левериджу», при якому негативні абсолютні значення шоків мають більший вплив на значення волатильності. Застосуємо також розподіл Стюдента для побудови моделей. Можемо помітити, що навіть у даному випадку моделі TARCH (1,1,1) та EGARCH (1,1,1) мають значну перевагу поміж інших, оскільки інформаційні критерії мають мінімальні значення. Цікаво також звернути увагу на значення функції правдоподібності та інформаційні критерії при порівнянні двох розподілів. Навіть для «найгіршої» моделі EGARCH (1,1) застосування іншого розподілу дає значне покращення. Це в першу чергу спричинено тим, що, як зазначалося раніше, хвости початкового ряду доходності є досить товстими.

Надалі перевіримо технології оцінки ризику для обраних моделей, на рисунку 3.4 можемо побачити результати цієї роботи.

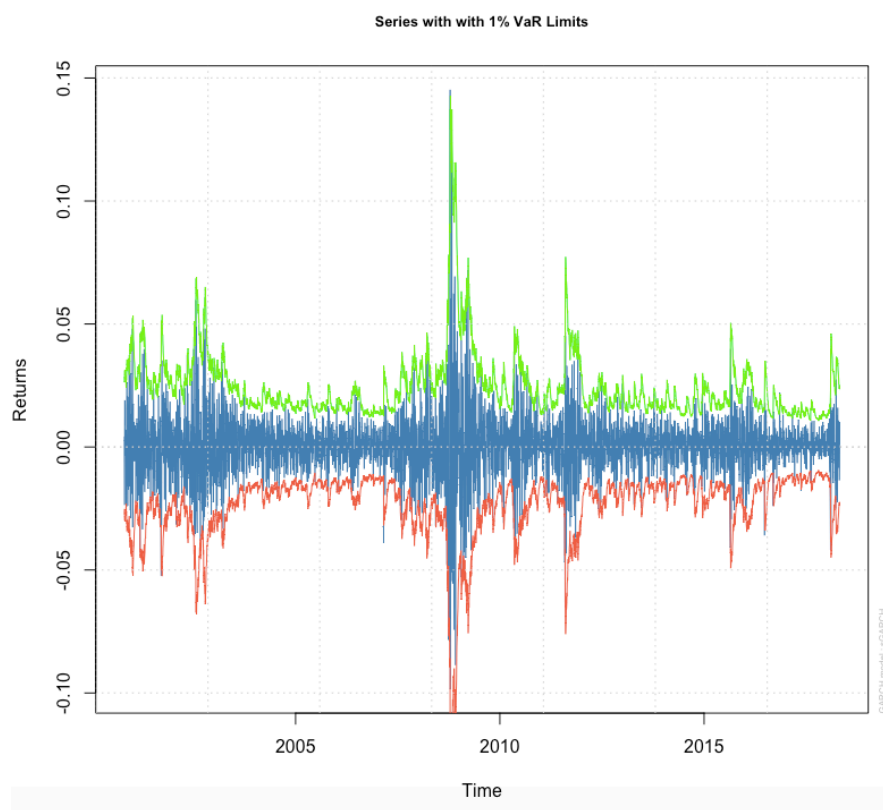


Рисунок 3.4 —Результат оцінки Value-at-risk

Висновки до розділу

Розроблена програма для обчислювальних експериментів призначена для моделювання, оцінювання та прогнозування фінансово-економічних гетероскедастичних процесів на основі емпіричної вибірки даних. Були використані наступні моделі: для динаміки дисперсії симетричні GARCH(1,1), EGARCH(1,1) та асиметричні EGARCH(1,1,1), TARCH(1,1,1) та GJR- GARCH (1,1,1), що ґрунтуються на використанні статистичних характеристик процесу для оцінювання структури моделі та її прогнозів і метод максимальної правдоподібності – для оцінювання параметрів. Для моделювання та прогнозування були використані стандартний нормальний розподіл та розподіл Стюдента, що дало змогу більш адекватно пристосуватись до динаміки реальних даних. Прогнозування волатильності обчислювалося за допомогою ковзного вікна, розміром у 1000 значень, на один крок вперед. На основі даного спрогнозованого ряду було побудовано оцінку ризику методами Value-at-risk та Expected Shortfall для рівнів довіри 95% та 99%. Для валідації якості отриманих прогнозів оцінок ризику методом VaR були використані інноваційні методи, що враховують сутність покриття та незалежності у часі недооцінених викидів, а також застосований метод для перевірки якості оцінок ES.

Створена програма, яка призначена для моделювання та прогнозування економічних процесів на основі емпіричної вибірки даних. Алгоритм реалізовано на мові програмування Python. Дана програма в своїй основі може використовувати авторегресійно умовно гетероскедастичні процеси, серед яких розглянуто моделі GARCH, EGARCH, GJR-GARCH та TARCH, як симетричні так і асиметричні. На основі прогнозів волатильності за даними моделями оцінюється показник VaR та ES як узагальнена міра ризику. Виконано

оцінювання та моделювання фондових індексів, з наступною верифікацією моделей.

Запропонований алгоритм доводить основним характеристикам програмного моделювання: використовує дані і моделі, призначена для надання допомоги суб'єкту прийняття рішення. Мета створеної системи – проілюструвати роботу методів моделювання, оцінювання та прогнозування, застосування їх на реальних даних, отримання відповідного прогнозу для оцінки ризику та порівняння результатів.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Інформаційна карта проекту

Назва проекту: Система автоматизованого моделювання нестационарних процесів та оцінювання ризиків «BezRisk»

Автори проекту: Шаріпова Марія Костянтинівна

Коротка анотація. Своєчасне оцінювання ризику необхідне на усіх етапах прийняття рішень в багатьох сферах діяльності: бізнес-плануванні, економіці, метеорології, екології, медицині і т.д. Незважаючи на принципову відмінність напрямів, ризик-менеджмент в цілому керується єдиною метою: визначення характеру протікання процесу протягом усього історичного періоду та прогнозування його поведінки у майбутньому, ідентифікацію основних ризикових компонент та оцінювання їх впливу на подальшу діяльність установи. Для кожного процесу залежно від цільової спрямованості та прогнозованих параметрів підбираються відповідні методи аналізу та математичний апарат. Дана система дає можливість завантажити дані установи в зручному форматі, швидко та зручно проаналізувати виявлені взаємозв'язки для правильного встановлення пріоритетів та вагових коефіцієнтів, самостійно підбирає найбільш вдалий метод прогнозування для кожного процесу та оцінює ризики для заданого рівня довіри. Завдяки цьому можна оцінити можливі втрати за для своєчасного прийняття рішення у будь- якій сфері.

Термін реалізації проекту: 24 місяця

Необхідні ресурси:

- а) інтелектуальні: спеціаліст з аналізу даних; розробник; тестувальник; продуктовий менеджер проекту;
- б) матеріальні: комп'ютери/ноутбуки; сервер; офісне приміщення;
- в) фінансові: заробітні плати працівникам; апаратне забезпечення; оренда приміщення.

Головні цілі та завдання проекту:

а) огляд підходів для статистичного аналізу даних, методів прогнозування та оцінювання ризиків;

б) створення програмного забезпечення для цієї системи.

Очікувані результати: система автоматизованого моделювання нестационарних процесів та оцінювання ризиків стане помічником у багатьох сферах діяльності. Вона дозволить вести більш ефективну економічну діяльність, а також при керуванні бізнесом. Завдяки якісному оцінюванню фінансового ризику компанії зможуть як застрахувати себе від майбутніх збитків, так і виконувати прибуткові ризикові операції з найменшими втратами.

4.2 Команда стартап-проекту

Обов'язки та ключові ролі початкової команди проекту висвітлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Команда проекту

<i>Посада</i>	<i>Функціональні обов'язки та досвіду роботи</i>	<i>Роль</i>
Спеціаліст з аналізу даних	- вибір архітектури проекту; - пошук нових галузей та закономірностей за допомогою сучасних методів	Рішення бізнес-задач з використанням передових методів обробки даних
Розробник	- створення програмного забезпечення проекту та вдосконалення існуючих рішень	Реалізація проекту та його вдосконалення

Продовження таблиці 4.1

Тестувальник	<ul style="list-style-type: none"> - пошук імовірних недоліків та помилок у функціонуванні продукту - пропозиції щодо вдосконалення 	Відповідальність за якість та функціональні можливості продукту
Продуктовий менеджер проекту	<ul style="list-style-type: none"> - бренд-менеджмент - перемовини з замовниками сервісу -моніторингу аналіз даного сектору послуг 	Пошук клієнтів, нових ніш на ринку, просування бренду

4.3 Бізнес-модель Canvas

Бізнес-модель Canvas – один з інструментів стратегічного управління для підприємців, який дозволяє зробити опис запропонованого проекту або проаналізувати модель бізнесу, яка використовується, з позицій її ефективності та можливостей розвитку. Застосування даного фреймворку проілюстровано у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Бізнес-модель Canvas

№	Назва	Зміст
1	Споживчі сегменти	дослідницькі центри; банки; медицина/охорона здоров'я; університети; страхування; енергетика та інші компанії,

		специфіка роботи яких пов'язана із прогнозуванням та ризиком
--	--	---

Продовження таблиці 4.2

2	Ціннісні пропозиції	<p>Ведення більш ефективної економічної діяльності, при керуванні бізнесом. Завдяки якісному оцінюванню фінансового ризику компанії зможуть як застрахувати себе від майбутніх збитків, так і виконувати прибуткові ризикові операції з найменшими втратами. Вирішення складних задач та виявлення основних можливостей для майбутнього розвитку</p> <p>Продукт, який не потребує особливих налаштувань перед першим використанням</p>
3	Канали збуту	<p><i>прямі канали:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -сайт-візитка; - конференції аналітиків/бізнес-аналітиків - презентації для цільового сегменту розроблених рішень; - презентації в вузах; <p><i>партнерські канали:</i></p> <p>служба роботи з клієнтами.</p>
4	Взаємовідносини з клієнтами	<p>Служба підтримки; Супроводження продукту протягом певного терміну;</p> <p>Особливий підхід для кожного клієнта;</p> <p>Формат договорів на довгосрокову підписку</p>

Продовження таблиці 4.2

5	Потоки надходження доходу	Розробка спеціалізованого продукту (за умови надання клієнтом бази даних) . Покупка ліцензії на певний термін (універсальна web-версія продукту) - довгосрокова підписка для використання необхідної частини розробленого рішення; разові виплати за проведення аналізу
6	Ключові ресурси	технічні ресурси (для виконання хмарних обчислень, розвернення інфраструктури) інтелектуальні ресурси трудові ресурси
7	Ключові види діяльності	аналіз та прогнозування; візуалізація; клієнтська аналітика; керування даними; прийняття рішень; керування ризиками та їх оцінювання;
8	Ключові партнери	<i>Компанії, що спеціалізуються на аудиті і консалтингу</i> - актуальна інформація щодо стану економіки, показників що впливають на прибутки компаній; досвід, що мають компанії в комерційній, технологічній та ін. сферах, а також в проектуванні та поширенні бізнес-рішень <i>Центри даних</i> - постачання даних для навчання моделей, перевірки їх прогнозної якості, обмін сучасними підходами та моделями <i>Учбові центри</i> - обмін досвідом, молодими спеціалістами

Продовження таблиці 4.2

9	Структура витрат	витрати на зарплатню; оренда серверів; оренда приміщень; відрядження, конференції та внутрішні ресурси; підтримка програмних рішень; просування продукту та пошук нових клієнтів
---	------------------	--

4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку

проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців	3
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Вихід на ринок прямого конкурента, або суттєве зниження вартості послуг непрямих конкурентів (консалтингових компаній)

Продовження таблиці 4.3

4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	немає
5	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	300

Рентабельність — поняття, що характеризує економічну ефективність виробництва, за якої за рахунок грошової виручки від реалізації продукції (робіт, послуг) повністю відшкодовує витрати на її виробництво й одержується прибуток як головне джерело розширеного відтворення [27].

Суть одного із найважливіших методів оцінки економічної ефективності інвестицій полягає у розрахунку їх середньої рентабельності за формулою [28]

$$R = \frac{P}{1+n} \cdot 100, \quad (4.1)$$

де P - прибуток за час експлуатації проекту;

n - час експлуатації проекту.

Інвестувати грошові засоби доцільно тоді, коли від цього можна отримати більший прибуток, ніж від їх зберігання у банку. Порівнюючи середньорічну рентабельність інвестицій зі ставкою банківського відсотка, можна дійти висновку, що вигідніше.

Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку) порівнюється із банківським відсотком на вкладення. За умови, що останній є вищим, можливо, має сенс вкласти кошти в інший проект.

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо того, чи є ринок привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Необхідне програмне забезпечення для прогнозування показників та оцінювання ринкових ризиків	Потенційними цільовими групами є дослідницькі центри, університети та компанії, специфіка роботи яких пов'язана із аналізом, ризик- менеджментом та прогнозуванням (державний сектор, охорона здоров'я, ритейл, банки)	Відмінність у підходах та застосованих моделей у прогнозуванні та ризик- менеджменті, відмінність у сферах діяльності клієнтів	Рішення має бути швидким, ефективним, мати зрозумілий юзер-френдлі інтерфейс

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 4.5-4.6). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

Таблиця 4.5 – Фактори загроз

No п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Вихід на ринок великої компанії	<p>Розширити рекламну кампанію до виходу нового гравця на ринок.</p> <p>Передбачити додаткові переваги власного ПЗ для того, щоб повідомити про них саме після виходу міжнародної компанії на ринок.</p> <p>Обрати нову цільову аудиторію і зосередитися на ній</p> <p>Або наявність вихід з ринку.</p>
2	Зміна потреб користувачів	<p>Дане ПЗ не задовольняє всі потреби користувачів.</p> <p>Користувачам необхідне ПЗ з іншим функціоналом та підходами до аналізу</p>	<p>Передбачити можливість додавання нового функціоналу до існуючого рішення;</p> <p>Передбачити можливості зміни напрямку продукту взагалі, так звану точку Pivot</p>
3	Зростання попиту	Занадто швидкі темпи зростання попиту на даного типу ПЗ	<p>Розширення штату, пошук нових методів для задоволення як найбільшої кількості клієнтів;</p> <p>передбачення гнучкості рішення</p>

Таблиця 4.6 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Відсутність аналогічного продукту для вітчизняного користувача.	Локалізація та адаптація сервісу для локальних груп. Адаптація до вітчизняних особливостей.
2	Розробка нових методів прогнозування та оцінювання ризиків	Розробка нових статистичних методів, що будуть швидші та ефективніші для конкретних цілей	Покращити ПЗ додаванням нового функціоналу, розширення існуючих можливостей
3	Зростання попиту	Можливість залучити більшу кількість клієнтів	Розширення інфраструктури, гнучність рішення, розширення існуючих можливостей, підходів та моделей

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції • монополістична конкуренція	Існує декілька фірм-конкурентів	Підтримка якості продукту та постійні нововведення

Продовження таблиці 4.7

2. За рівнем конкурентної боротьби • міжнародний	Фірми- конкуренти - з інших країн.	Створити основу ПЗ таким чином, щоб можна було легко переробити дане ПЗ для використання у інших країнах та галузях
3. За галузевою ознакою • міжгалузева	Продукт може використовуватись для різних галузей	Постійне вдосконалення продукту, що не має прив'язки до сфери, гнучкість рішення
4. Конкуренція за видами товарів: • товарно-видова	Види товарів є однаковими, а саме – ПЗ для стат. та бізнес аналізу	Створити ПЗ, враховуючи недоліки конкурентів
5. За характером конкурентних переваг • нецінова	Вдосконалення технології створення ПЗ, щоб собівартість була нижчою	Використання менш дорогих технологій для розробки, ніж використовують конкуренти
6. За інтенсивністю • марочна	Велике значення для клієнтів має бренд компаній конкурентів, які вже завоювали місце на ринку	Рекламні кампанії, підтримка компаній партнерів

Таблиця 4.8 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	SAS SPSS Eviews	Наявність вже існуючих рішень	-	Контроль якості продукту	Наявність більш широкого функціоналу, зручнішого інтерфейсу та авторитет (перевірена якість)
Висновки:	доволі інтенсивна боротьба з вже закріпившимися на ринку гравцями	Є можливість і входу в ринок, але є потенційні конкуренти. Строки виходу на ринок -12 місяців	-	Клієнти диктують усі умови роботи на ринку	Необхідно випускати ПЗ не гірше, ніж у конкурентів та розширювати функціонал

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо принципової можливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Також робиться висновок щодо характеристик (сильних сторін), які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку. Другий висновок враховується при формулюванні переліку факторів конкурентоспроможності (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Більш доступна ціна збільшує кількість потенційних клієнтів
2	Виконання програмного забезпечення у кросплатформеному вигляді	Можливість використання програмного забезпечення на будь-якій платформі.
3	Функціонал	Методи і моделі, що підходять для багатьох сфер діяльності
4	Мобільність	Розробка веб-версій з базовим функціоналом

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.9) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.10).

Таблиця 4.10 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «BezRisk»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів конкурентів у порівнянні з даним						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	10		+					
2	Виконання програмного забезпечення у кросплатформеному вигляді	15				+	+		
3	Функціонал	20							
4	Мобільність	10			+				

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл.4.11) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.10).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 4.11 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: ціна, функціонал, мобільність	Слабкі сторони: кросплатформенність, недостатня кількість спеціалістів підкованих у найсучасніших методах
Можливості: конкуренція, розробка нових методів прогнозування, зростання попиту	Загрози: Конкуренція, зміна потреб користувачів, занадто швидке зростання попиту

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 4.12).

Таблиця 4.12 – Альтернативи ринкового впровадження стартап- проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Створення повноцінного веб- сервісу	65%	11 місяців
2	<i>Створення програмного забезпечення</i>	80%	12 місяців
3	Перехід на безкоштовне розповсюдження	50%	5 місяців

З означених альтернатив обирається та, для якої: а) отримання ресурсів є більш простим та ймовірним; б) строки реалізації – більш стислими.

4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Компанії (українські та міжнародні), специфіка роботи яких пов'язана із аналізом даних, прогнозуванням та ризик- менеджментом.	Висока	Високий	Сильна	Складно

Продовження таблиці 4.13

2	Державні підприємства, специфіка роботи яких пов'язана із аналізом даних, прогнозуванням та ризик-менеджментом.	Помірна	Високий	Сильна	Складно
3	Університети та дослідницькі центри, специфіка роботи яких пов'язана із аналізом даних, прогнозуванням та ризик-менеджментом.	Помірна	Помірний	Помірна	Середня складність
Які цільові групи обрано: 1 та 3					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку:

- якщо компанія зосереджується на одному сегменті – вона обирає стратегію концентрованого маркетингу;
- якщо працює із кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу – вона використовує стратегію диференційованого маркетингу;

– якщо компанія працює із всім ринком, пропонуючи стандартизовану програму (включно із характеристиками товару/послуги) – вона використовує масовий маркетинг.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Створення програмного забезпечення для аналізу даних, прогнозування та ризик-менеджменту.	Ринкове позиціонування (Позиція компанії чи продукту показує, чим він унікальний, чим відрізняється від конкурентів, чим корисний споживачу.)	Простота інтерфейсу, універсальність та ефективність продукту	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.15)

Таблиця 4.15 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
Ні	Як нових, так і вже існуючих	Так, але розробляти більш гнучні та універсальні методи, розширювати	

		функціонал новими методами та підходами	
--	--	---	--

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 4.4), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.14) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.15) розробляється стратегія позиціонування (табл. 4.16), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 4.16 - Визначення стратегії позиціонування

<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
Ефективність, зручність інтерфейсу, швидкість роботи.	Диференціації	Простота користувацького інтерфейсу, що дозволяє пришвидшити та спростити роботу, швидкість роботи, що дозволяє підвищити швидкість експериментів, ефективність результатів, що дозволяє розробити якісний прогноз та оцінку. гнучкість та мобільність	- Стабільність роботи, - якість роботи, - швидкість роботи, - зручність роботи - мобільність - гнучкість

Результатом виконання підрозділу має стати узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначатиме напрями роботи стартап-компанії на ринку.

4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач [29, 30].

Таблиця 4.17 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
Якість прогнозу та оцінки	Якісний прогноз будь-яких показників, визначення ризикових компонент	Відсутність самостійно будувати модель та обирати модель прогнозу. Комплексний підхід до оцінювання ризику
Спрощення інтерфейсу користувача	Простота роботи з ПЗ	Користувачам не потрібно замислюватись над тим, як саме побудувати прогноз. Незалежно, від даних (категоріальних, числових) ПЗ виконає аналіз, запропонує
Мобільність	Можливість використовувати базову веб-версію	Користувачі не обов'язково мають бути прив'язані до конкретного місця, а зможуть виконати необхідний базовий аналіз у будь-який час та з будь-якого девайсу

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.18).

Таблиця 4.18 - Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Зручність, швидкість та мобільність отримання практичного результату щодо прогнозування процесів та оцінбвання ризиків		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Vp/Tx /Tл/E/Op
	1. Якість 2. Швидкість обробки 3. Мобільність 4. Ціна		
	Якість: функціональне тестування (наявності багів), тестування перформансу, стабільності та глобалізації		
	Пакування: відсутнє		
	Марка: “RiskOff”		
III. Товар із підкріпленням	1-місячна пробна безкоштовна версія та безкоштовне встановлення на етапі бета- тестування		
	Постійна підтримка для користувачів		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патент, система захисту			

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано

за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.19). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 4.19 - Визначення меж встановлення ціни

<i>Рівень цін на товари-замінники</i>	<i>Рівень цін на товари-аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
50000 грн	1000000 грн	250000 грн	30000-40000 грн

Таблиця 4.20 - Формування системи збуту

<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
Купують ПЗ та роблять щорічні внески для подовження ліцензії (аналог довгосрокові підписки)	Продаж	0(напрямую)	Прямий канал збуту

Визначення ідеї та теми рекламного звернення зумовлює всі наступні етапи планування рекламної діяльності. Тому цей етап є основним для професіоналів — творчих працівників рекламних агенцій чи рекламних підрозділів підприємств.

Таблиця 4.21 - Концепція маркетингових комунікацій

<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
Купівля ПЗ через Інтернет, робота з ПЗ на комп'ютерах з різними ОС	Електронна пошта, Інтернет, мобільний зв'язок	Швидкодія, простота використання, ефективність, мобільність	Показати переваги ПЗ, у тому числі і перед конкурентами	Демо-ролик із використання Сайт-візитка

Висновки до розділу

Отже, можливість ринкової комерціалізації проекту присутня, оскільки на даного виду продукти наявний попит, динаміка ринку збільшується, рентабельність роботи на ринку є також значно високою. Існують перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції, конкурентоспроможність проекту. Цільовими групами вибрано компанії (українські та міжнародні), специфіка роботи яких пов'язана із аналізом даних, прогнозуванням та ризик-менеджментом. Як альтернативу (варіант)

впровадження для ринкової реалізації проекту доцільно обрати розроблення програмного забезпечення. Подальша імплементація проекту є доцільною.

Для кожного процесу залежно від цільової спрямованості та прогнозованих параметрів підбираються відповідні методи аналізу та математичний апарат. Дана система дає можливість завантажити дані установи в зручному форматі, швидко та зручно проаналізувати виявлені взаємозв'язки для правильного встановлення пріоритетів та вагових коефіцієнтів, самостійно підбирає найбільш вдалий метод прогнозування для кожного процесу та оцінює ризики для заданого рівня довіри. Завдяки цьому можна оцінити можливі втрати за для своєчасного прийняття рішення у будь-якій сфері.

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто загальну методологію моделювання та прогнозування нестационарних гетероскедастичних фінансово-економічних процесів з використанням статистичних даних та оцінювання ризикові вартості з їх допомогою. Виконано огляд сучасних методів оцінювання ринкових ризиків, моделювання і прогнозування нестационарних процесів.

Розглянуто та використано для аналізу результатів – основні критерії якості для оцінювання моделей опису процесів та якості прогнозування. Критеріями для оцінки якості побудованих моделей були логарифмічна функція правдоподібності та інформаційні критерії Акайке та Байєса; САПП, СКП і коефіцієнт Тейла для аналізу якості прогнозу. Для методу оцінювання параметрів моделі вибраний ММП, як найбільш широко вживаний та апробований на практиці.

Створена програма, яка призначена для моделювання та прогнозування економічних процесів на основі емпіричної вибірки даних. Алгоритм реалізовано на мові програмування Python. Дана програма в своїй основі може використовувати авторегресійно умовно гетероскедастичні процеси, серед яких розглянуто моделі GARCH, EGARCH, GJR-GARCH та TARARCH, як симетричні так і асиметричні. На основі прогнозів волатильності за даними моделями оцінюється показник VaR та ES як узагальнена міра ризику. Виконано оцінювання та моделювання фондових індексів, з наступною верифікацією моделей.

Для подальших досліджень рекомендовано до розробленої системи додати реалізації інших методів інтелектуального аналізу даних, таких як метод подібних траєкторій, нейронні мережі, теорію копул нечіткої логіки та інші. Застосувати теорію портфелів та оцінку ризику для них. Застосувати методи стрес-тестування для шоків випадків, а також використати різні розподіли

випадкових величин для врахування не тільки ефекту «тяжких хвостів», а й інших характеристик розподілів доходностей.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кирюшкин В. Основы риск-менеджмента [Текст] / В. Кирюшкин, И. Ларионов. – М.: Анкил, 2009. – 132 с.
2. Балабанов И. Риск-менеджмент [Текст] / И. Балабанов. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 192 с.
3. Методичні вказівки з інспектування банків «Система оцінки ризиків» [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/v0104500-04>
4. Методичні рекомендації щодо організації та функціонування систем ризик-менеджменту в банках України [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/v0361500-04>
5. Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.bis.org>
6. Киселев В. Управление банковским капиталом: теория и практика [Текст] / В. Киселев. – М.: Экономика, 1997. – 192 с.
7. Ульянова М. Управление рыночным риском [Текст] / М. Ульянова // Молодой ученый. - 2014. - №21.2. - С. 99-102.
8. Лобанов А. Энциклопедия финансового риск-менеджмента [Текст] / А. Лобанов, А. Чугунов. – М.: Альпина Паблишер, 2003. – 786 с.
9. Кишакевич Б.Ю. Оцінювання економічного капіталу банку для валютних ризиків на основі VaR технологій / Б.Ю. Кишакевич // Економічний простір. — 2015. — № 102. — С. 113—123.
10. McNeil A.J. Quantitative risk management: concepts, techniques, and tools [Text] / Alexander J. McNeil, Rudiger Frey, Paul Embrechts. – London: T&T Pfoductions Ltd., 2005. – 554 p.
11. Jorion Ph. Financial risk-management: Second edition [Text] / Ph. Jorion. – Hobokon, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2003. – 708 p.

12. Бідюк П. І. Визначення величини ризику VaR на основі оцінок параметрів моделі стохастичної волатильності [Текст] / П.І. Бідюк, М.М. Коновалюк // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2012. — No 3. — С. 1092—1099.
12. Acerbi C. On the coherence of expected shortfall / C. Acerbi, D. Tasche // Journal of Banking & Finance. — 2002. — No 26(7). — P. 1487–1503.— [Електронний ресурс].— Режим доступу : <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0104295v2>.
13. Швець Н.Р. VaR як основний метод розрахунку величини інтегрального фінансового ризику банківських установ [Текст] / Н.Р.Швець, А. А. Юшкалюк // Економіка і суспільство. — 2017. — No 9. — С. 85—94.
14. Білань Н.С. Оцінювання ризику валютної позиції банку за методом Монте-Карло [Текст] / Н.С. Білань // Вісник ЖДТУ. — 2016. — No 1(51). — С. 101—104.
15. Poon S.-H. A practical guide for forecasting financial market volatility [Text] / Ser Huang Poon. — Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2005. — 238 p.
16. Christoffersen P. Elements of Financial Risk Management [Text] / Peter Christoffersen. — Academic Press, 2012. — 344 p.
17. Giraitis L. Recent advances in ARCH modelling [Text] / Liudas Giraitis, Remigijus Leipus, Donatas Surgailis // Econometric Theory. — 2013. - No17. — 608-631 p.
18. Bollerslev T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity // Journal of Econometrics. — 1986. — No 31. — P. 307–327.
19. Бідюк П. І. Моделювання і короткострокове прогнозування гетероскедастичних процесів [Текст] / П.І. Бідюк, О.А. Кожухівська // Індуктивне моделювання складних систем. — 2012. — No 4. — С. 48— 63.
20. Xekalaki E. ARCH Models for Financial Applications [Text] / Evdokia Xekalaki, Stavros Degiannakis. — Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2010. — 550 p.
21. Примостка Л. Управління банківськими ризиками [Текст]/ Л. Примостка, П. Чуб, Т. Карчева. — К: КНЕУ, 2007. — 600 с.

22. Yahoo Finance [Електронний ресурс]. – Режим доступу
<https://finance.yahoo.com/?guccounter=1>
23. Бідюк П.І. Моделювання і прогнозування гетероскедастичних процесів // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2004. — No 1. — С. 115—134.
24. Прогнозування на основі часових рядів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://docplayer.net/73004557-7-1-prognozuvannya-na-osnovi-chasovih-ryadiv.html#show_full_text
25. Рентабельність виробництва і методика визначення її показників.[Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://buklib.net/books/29473/>– Дата доступу: 04.02.2018
26. Прогнозування ефективності інвестиційного проекту. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://pidruchniki.com/1566072162240/turizm/prognozuvannya_efektivnosti_investitsiyного_proektu – Дата доступу: 12.02.2018
27. Розробка та перевірка концепції товару. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://westudents.com.ua/glavy/35910-3-rozrobka-ta-perevrka-kontsepts-tovaru.html>.– Дата доступу: 04.02.2018
28. Концепції маркетингової діяльності.[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://referat-ok.com.ua/marketing/marketingova-diyalnist-2> – Дата доступу: 01.03.2018

ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

```
library(rugarch)
library(rmgarch)
library(quantmod)
library("car")
library("aTSA")
library(tseries)
library(cvar)
library("zoo")
library("forecast")
library("FinTS")

# DATA

startDate = as.Date("2010-01-01")
endDate = as.Date("2015-07-23")

getSymbols("DJI", from = startDate, to = endDate)
getSymbols("SPY", from = startDate, to = endDate)
getSymbols("DAX", from = startDate, to = endDate)

# ILUSTATE DATA

chartSeries(DAX)
chartSeries(SPY)

# DAILY RETURN

rSPY <- dailyReturn(SPY)

plot(rDAX)
qqnorm(rDAX)
qqline(rDAX, col = "steelblue", lwd = 2)
min(rDAX)
max(rDAX)

rDJI <- dailyReturn(DJI)
DJI_data= (rDJI$daily.returns/DJI$DJI.Close)*1000000
```

```

DJI_data
rDAX <- dailyReturn(DAX)
DAX_data= (rDAX$daily.returns/DAX$DAX.Close)*1000000
DAX_data
plot(rDAX)
qqnorm(rDAX)
qqline(rDAX, col = "steelblue", lwd = 2)
min(rDAX)
max(rDAX)

```

```

# RESIDUALS

```

```

DJI_data= (rDJI$daily.returns/DJI$DJI.Close)*1000000
DJI_data
plot(DJI_data)
fit1 <- auto.arima(DJI_data, trace=TRUE, test="kpss", ic="aic")
Box.test(fit1$residuals^2, lag=12, type="Ljung-Box")

```

```

# norm      GARCH(1,1)      GARCH(2,1)
#DJI        GARCH(1,2)      GARCH(2,2)

```

```

res_garch11_spec <- ugarchspec(variance.model = list(garchOrder = c(1, 1)),
                               mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_garch11_fitD <- ugarchfit(spec = res_garch11_spec, data = DJI_data)
res_garch11_fitD

```

```

res_garch12_spec <- ugarchspec(variance.model = list(garchOrder = c(1, 2)),
                               mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_garch12_fit <- ugarchfit(spec = res_garch12_spec2, data = DJI_data)
res_garch12_fit

```

```

res_garch21_spec <- (variance.model = list(garchOrder = c(2, 1)),
                    mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_garch21_fit <- ugarchfit(spec = res_garch21_spec, data = DJI_data)
res_garch21_fit

```

```

res_garch22_spec <- ugarchspec(variance.model = list(garchOrder = c(2, 2)),
                               mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_garch22_fit <- ugarchfit(spec = res_garch22_spec, data = DJI_data)
res_garch22_fit

```

```

# stud      GARCH(1,1)      GARCH(2,1)
#DJI        GARCH(1,2)      GARCH(2,2)

res_garch11_spec <- ugarchspec(variance.model = list(garchOrder = c(1, 1)),
                               mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)),
                               distribution.model = "std")
res_garch11_fitD <- ugarchfit(spec = res_garch11_spec, data = DJI_data)
res_garch11_fitD

res_garch12_spec <- ugarchspec(variance.model = list(garchOrder = c(1, 2)),
                               mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)),
                               distribution.model = "std")
res_garch12_fit <- ugarchfit(spec = res_garch12_spec, data = DJI_data)
res_garch12_fit

res_garch21_spec <- (variance.model = list(garchOrder = c(2, 1)),
                    mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_garch21_fit <- ugarchfit(spec = res_garch11_spec3, data = DJI_data)
res_garch21_fit

res_garch22_spec <- ugarchspec(variance.model = list(garchOrder = c(2, 2)),
                               mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_garch22_fit <- ugarchfit(spec = res_garch22_spec, data = DJI_data)
res_garch22_fit

#   VAR
ctrl = list(tol = 1e-7, delta = 1e-9)
res_garch11_roll <- ugarchroll(res_garch11_spec, DJI_data, n.start = 120, refit.every
= 1,
                             refit.window = "moving", solver = "hybrid",
                             calculate.VaR = TRUE, VaR.alpha = 0.01, keep.coef = TRUE,
                             solver.control = ctrl, fit.control = list(scale = 1))
report(res_garch11_roll, type = "VaR", VaR.alpha = 0.01, conf.level = 0.95)

plot(res_garch11_fit)

```

```
# eGARCH
```

```
res_Egarch11_spec <- ugarchspec(variance.model = list(model="eGARCH",
garchOrder = c(1, 1)),
                                mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_Egarch11_fitD <- ugarchfit(spec = res_Egarch11_spec, data = DJI_data)
res_Egarch11_fitD
res_Egarch12_spec <- ugarchspec(variance.model = list(model="eGARCH",
garchOrder = c(1, 1, 1)),
                                mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_Egarch12_fit <- ugarchfit(spec = res_Egarch12_spec, data = DJI_data)
res_Egarch12_fit
```

```
# gjrGARCH
```

```
res_GJgarch11_spec <- ugarchspec(variance.model = list(model="gjrGARCH",
garchOrder = c(1, 1, 1)),
                                mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_GJgarch11_fitD <- ugarchfit(spec = res_GJgarch11_spec, data = DJI_data)
res_GJgarch11_fitD
res_GJgarch12_spec <- ugarchspec(variance.model = list(model="TARCH",
garchOrder = c(1, 1, 1)),
                                mean.model = list(armaOrder = c(1, 1)))
res_GJgarch12_fit <- ugarchfit(spec = res_GJgarch12_spec, data = DJI_data)
res_GJgarch12_fit
```

```
res_garch11_fcst <- ugarchforecast(res_garch11_fitD, n.ahead = 5)
res_garch11_fcst
```

```
getSymbols("DJI", from = "2015-07-22", to = "2015-07-30")
rtrue = dailyReturn(DJI)
true_data = (rtrue$daily.returns/DJI$DJI.Close)*1000000
library(MLmetrics)
MAPE(0.06881, -0.3762639)
```

```
# VAR
```

```
ctrl = list(tol = 1e-7, delta = 1e-9)
```

```
res_GJgarch11_roll <- ugarchroll(res_GJgarch11_spec, DJI_data, n.start = 120,  
  refit.every = 1,  
    refit.window = "moving", solver = "hybrid",  
    calculate.VaR = TRUE, VaR.alpha = 0.01, keep.coef = TRUE,  
    solver.control = ctrl, fit.control = list(scale = 1))  
report(res_garch11_roll, type = "VaR", VaR.alpha = 0.01, conf.level = 0.95)  
  
plot(res_garch11_fit)
```